

Elias Körkkö

RISK MANAGEMENT APPROACHES IN NEW PRODUCT DEVELOPMENT

Riskienhallinta uuden tuotteen kehitysprojekteissa

Teknisten tieteiden tiedekunta
Kandidaatintyö
Toukokuu 2019

TIIVISTELMÄ

Elias Körkkö: Riskienhallinta uuden tuotteen kehitysprojekteissa
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Kone- ja tuotantotekniikka
Toukokuu 2019

Tuotekehityksen riskeillä on suora vaikutus organisaation liiketoimintaan ja kilpailukykyyn. Koska tuotekehitysprojekteja voidaan toteuttaa monin eri tavoin, myös niihin kohdistuvat riskit vaihtelevat toteutustavan mukaan. Tästä syystä organisaation on tärkeä tunnistaa kullekin tuotekehitysprojektille ominaiset riskitekijät ja valita oikeanlaiset menetelmät niiden hallitsemiseksi.

Kandidaatintyö on kirjallisuuskatsaus, jossa esitellään tuotekehitysprojekteihin liittyviä riskejä ja menetelmiä niiden hallitsemiseksi. Työssä käsitellään kirjallisuuden perusteella tuotekehitysprojekteihin liittyviä riskienhallinnallisia vaatimuksia ja esitellään viisi erilaista menetelmää, joiden avulla voidaan edesauttaa tuotekehityksen riskienhallintaa. Työn lopuksi, esitellyjen menetelmien riskienhallinnallista tukea kuvataan lean-johtamisfilosofiaan perustuvan 4P-mallin avulla. Työssä on pyritty käyttämään mahdollisimman uusia ja vertaisarvioituja lähteitä esitettyjen tulosten luotettavuuden ja ajantasaisuuden parantamiseksi.

Avainsanat: Product development risk management, Risk management methods, Lean product development

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ALKUSANAT

Tämä kandidaatintyö on kirjoitettu kevään 2019 aikana kone- ja tuotantotekniikan opintosuunnan kandidaatintyökurssin yhteydessä. Työn tekemiseen on käytetty kevään 2019 aikana lukemattomia työtunteja. Lisäksi sitä on kirjoitettu kisa-, ja leirimatkojen vuoksi ainakin neljässä eri Euroopan maassa, useilla lentokentillä, sekä joissakin lentokoneissa. Loppujen lopuksi kirjoitusprosessi oli varsin opettavainen ja kehitti allekirjoittaneen aiheeseen liittyvää osaamista hyvin laajasti.

Haluan kiittää Tero Juutia kandidaatintyön ohjaamisesta, sekä työn toteutukseen liittyvistä vinkeistä.

Yli-iissä, 21.5.2019

Elias Körkkö

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimusongelma ja raja	1
Tutkimuksen tavoite ja rakenne	1
1.2	1
2. LEAN JOHTAMISFILOSOFIA	3
2.1 Periaatteet lean-filosofian taustalla	3
2.2 4P-malli	4
3. TUOTEKEHITYSPROJEKTIT	6
3.1 Rinnakkaissuunnittelu	6
3.2 Modulaarisuus	7
3.3 Tuotealustoihin perustuva tuotekehitys	8
3.4 Tuotekehitysprosessimallit	9
3.4.1 Geneerinen tuotekehitysprosessi	11
3.4.2 Dynaaminen modulaarisuus	12
4. PROJEKTtien RISKIENHALLINTA	14
4.1 Riskin määritelmä	14
4.2 Projektiriskit	14
4.3 Riskienhallinta	15
4.4 Riskienhallintaprosessi	15
5. TUOTEKEHITYSPROJEKTIN RISKIENHALLINNALLISET VAATIMUKSET	18
5.1 Rinnakkaissuunnittelun vaikutus tuotekehitysprojeffin riskeihin	18
5.2 Tuotekehitysprosessien vaikutus tuotekehityksen riskienhallintaan	19
5.2.1 Geneerisen prosessimallin haasteet	20
5.2.2 Dymo-mallin haasteet	21
5.3 Menetelmät tuotekehitysprojeffien riskienhallinnan tukemiseksi	21
5.3.1 Design Structure Matrix	22
5.3.2 Quality Function Deployment	23
5.3.3 Design for Manufacturing	25
5.3.4 Failure Mode and Effects Analysis	28
5.3.5 Experience-Based Learning Oriented Method for Risk Management	29
6. YHTEENVETO	31
6.1 Tutkimuksen tulokset ja johtopäätökset	31
6.2 Tulosten arviointi	32
LÄHTEET	34

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Toyotan 4P-malli (Liker, 2014)</i>	5
Kuva 2.	<i>Yksinkertaistettu esimerkki rinnakkaissuunnittelusta. Kuva havainnollistaa rinnakkaissuunnittelun ja peräkkäissuunnittelun välistä eroa.</i>	6
Kuva 3.	<i>Tuotealustat (engl. Platform) tukevat tuotteiden (engl. Product release) muuntelua. (Ulrich & Eppinger, 2008, mukaan Pakkanen 2015, s. 70)</i>	8
Kuva 4.	<i>Tuotekehitysprosessimallin kehityskulun ensimmäinen vaihe (Juuti 2009, s. 49)</i>	9
Kuva 5.	<i>Tuotekehitysprosessimallien viides kehitysvaihe: Dynaaminen modulaarisuus (Juuti 2009, s. 52)</i>	10
Kuva 6.	<i>Ulrich & Eppinger (2008) mukainen geneerinen tuotekehitysprosessi Jokaista vaihetta seuraa portti, jossa tehdään yhteenveto vaiheen suoritumisesta.</i>	11
Kuva 7.	<i>Dymo-mallin mukainen tuotekehitysprosessi. Valmiit tuotteet rakennetaan valitsemalla ja yhdistelemällä sopivat moduuliyksiköt (engl. Subsystems) toisiinsa tuoteohjelman (engl. Product Program) mukaisesti. (Pakkanen 2015, s.120)</i>	13
Kuva 8.	<i>Projektin sisäiset ja ulkoiset riskit</i>	15
Kuva 9.	<i>Projektin riskienhallintaprosessin ISO3100 ja PM BOK (2008) perustuen</i>	16
Kuva 10.	<i>Geneerisen tuotekehitysprosessin vaiheet ja toimintojen vastuut prosessin eri vaiheissa (Ulrich & Eppinger 2008, s. 14, muokattu)</i>	20
Kuva 11.	<i>Riippuvuusmatriisi Ulrich & Eppinger (2008, s. 336) perustuen.</i>	22
Kuva 12.	<i>Esimerkki House of Quality:n eli laadun talosta ja sen matriiseista Booker et al. (2001, s. 303) perustuen</i>	24
Kuva 13.	<i>Kuvaus Design for Manufacturing (DFM) menetelmästä (Ulrich & Eppinger, 2008, 213)</i>	26
Kuva 14.	<i>Kokonaiskuva valmistuskustannuksiin liittyvistä osatekijöistä (Ulrich & Eppinger 2008, s. 214)</i>	27
Kuva 15.	<i>ELO RM prosessin vaiheet (Juuti & Kopra 2016).</i>	29
Kuva 16.	<i>Esimerkki ELO RM prosessin fasilitointimenetelmän avulla luodusta tuotekehitysprojehtin onnistumiskriteeristöstä. (Juuti & Kopra 2016)</i>	30

LYHENTEET JA MERKINNÄT

Muda	jap. Hukka, asiakkaalle arvoa tuottamaton toiminta
Kaizen	jap. Jatkuva parantaminen, yksi lean-filosofian ydinperiaatteista
4P	engl. Philosophy, Process, People, Problem solving
Dymo	Dynaaminen modulaarisuus, tuotekehitysprosessimalli
PDCA	eng. Plan, Do, Check, Act. Malli ongelmien ratkaisemiseksi
CE	engl. Concurrent Engineering, Rinnakkaissuunnittelu
DSM	engl. Design Structure Matrix, Työkalu projektin tehtävien välisten riippuvuuksien tunnistamiseen
QFD	engl. Quality Function Deployment, menetelmä asiakastarpeiden ja suunnitteluvaatimusten määrittämiseksi
HOQ	engl. House of Quality, QFD menetelmän aputyökalu
DFM	engl. Design for Manufacturing, suunnittelu valmistettavuuden kannalta
FMEA	engl. Failure Mode and Effects Analysis, vika-, ja vaikutusanalyysi
ELO RM	engl. Experience-based Learning Oriented method for Risk Management, kokemuksellista oppimista hyödyntävä menetelmä projektin riskienhallinnan parantamiseksi

1. JOHDANTO

Tuotekehitys on monissa organisaatioissa liiketoiminnan ydin ja kilpailukyvyn kannalta keskeinen tekijä. Tästä syystä tuotekehityksen suorituskyvyltä on suora vaikutus myös koko organisaation suorituskyvyn (Unger & Eppinger 2009, s. 382). Kiihtyneen kansainvälisen kilpailun ja kasvaneiden asiakasvaatimusten vuoksi tuotekehityksen suorituskyvyltä vaaditaan aikaisempaa enemmän (Booker et al. 2001, s. 252). Kasvanut vaatimustaso on lisännyt myös tuotekehitykseen liittyviä riskejä, jonka vuoksi riskienhallinnan merkitys on kasvanut. Koska kukin tuotekehitysprojekti on luonteeltaan hieman erilainen, myös niihin liittyviä riskejä on tarkasteltava projektikohtaisesti. Muun muassa tuotekehitysprosessimalli, tavoitteet, ja kehittävä tuotetyyppi vaikuttavat tuotekehitykseen kohdistuviin riskeihin. Ymmärtämällä tuotekehitysprojektille ominaiset riskienhallinnalliset vaatimukset, sekä tukemalla niitä vaatimustenmukaisilla menetelmillä organisaatiot voivat parantaa tuotekehityksen suorituskyyä ja onnistumisedellytyksiä.

1.1 Tutkimusongelma ja rajaus

Kandidaatintyö tehdään kirjallisuustutkimuksena ja sen tutkimusongelmana on riskienhallinta uuden tuotteen kehitysprojekteissa. Kirjallisuudesta löytyy paljon erilaisia tuotekehitysmenetelmiä, joiden avulla voidaan tukea tuotekehitykseen liittyvää päätöksentekoa. Näitä menetelmiä käsitellään kuitenkin varsin harvoin suoraan riskienhallinnan näkökulmasta.

Tutkimusongelmaan haetaan vastausta seuraavien tutkimuskysymysten avulla:

1. *Millaisia riskienhallinnallisia vaatimuksia tuotekehityksen riskienhallintaan liittyy?*
2. *Miten eri menetelmät tukevat tuotekehitysprojektin riskienhallintaa?*

Koska tuotekehityksen riskienhallintaan vaikuttaa hyvin laaja joukko organisaation sisäisiä ja ulkoisia tekijöitä, päätettiin tuotekehitysprojekteja rajata kolmella eri tavalla toteutustavan, käytettävän prosessimallin ja tuotteen elinkaaren perusteella. Tuotekehityksen toteutustavaksi valittiin rinnakkaissuunnittelu, joka on nykyisin hyvin yleinen käytäntö tuotekehityksessä. Tarkasteltaviksi prosessimalleiksi valittiin yleisesti tunnettu geneerinen prosessimalli ja dynaaminen modulaarisuus (dymo). Tuotteen elinkaari rajattiin markkinatarpeen tunnistamisesta tuotteen julkaisuun, jonka perusteella tuotekehitystoiminnot rajattiin markkinointiin, suunnitteluun ja tuotantoon.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja rakenne

Tutkimuksen tavoitteena on kirjallisuuden perusteella selvittää, millaisia riskejä tuotekehitysprojektien toteutukseen liittyy ja millaisten menetelmien avulla niihin voidaan parhaiten vaikuttaa. Tarkemmin määriteltynä, työssä tunnistetaan ensimmäiseksi työn rajauksen mukaisesti tuotekehitykseen liittyviä uhkatekijöitä. Tunnistettujen uhkien perusteella valitaan menetelmät niiden hallitsemiseksi ja tuotekehityksen riskienhallinnan tukemiseksi. Kunkin menetelmän toteutustapa ja vahvuudet esitellään. Kandidaatintyön lopussa valittujen menetelmien riskienhallinnallista tukea kuvataan lean-johtamisfilosofian toimintaperiaatteisiin perustuvan 4P-mallin avulla.

Työn aluksi esitellään Lean-johtamisfilosofian yleisiä toimintaperiaatteita ja työn viitekehyksenä toimiva 4P-malli. Seuraavaksi käsitellään tuotekehitysprojekteihin liittyviä käsitteitä, kuten rinnakkaissuunnittelu, modulaarisuus ja tuotealustapohjainen tuotekehitys. Lisäksi esitellään tuotekehitysprosessimallien kehityskulkua, joista keskitytään tarkemmin ensimmäisen ja viimeisimmän kehitysvaiheen mukaiseen geneeriseen tuotekehitysprosessiin ja dynaamisen modulaarisuuden

malliin. Tämän jälkeen käsitellään projektien riskienhallintaa. Työn viimeisessä osiossa käsitellään tutkimuksen tavoitteen mukaisesti tuotekehitysprojekteihin liittyviä riskienhallinnallisia vaatimuksia ja menetelmiä niiden tukemiseksi. Työn lopuksi on yhteenveto, jossa käsitellään työssä esitettyjä tuloksia ja vastataan niiden perusteella tutkimuskysymyksiin.

2. LEAN JOHTAMISFILOSOFIA

Tässä luvussa esitellään lean-johtamisfilosofia ja toimintaperiaatteita. Luvun alussa käydään läpi lean-filosofian taustaa ja perusperiaatteita. Lopuksi esitellään koko organisaation tasolla lean-toimintaperiaatteita kuvaava 4P-malli, jota hyödynnetään myös tämän tutkielman tulosten vertailussa.

2.1 Periaatteet lean-filosofian taustalla

Lean on asiakaslähtöinen, toiminnan jatkuvaan parantamiseen tähtäävä ajattelutapa. Se perustuu japanilaisen autonvalmistaja Toyotan tuotantojärjestelmään (engl. Toyota Production System, TPS), josta se on levinnyt myöhemmin myös muille teollisuudenaloille. Lean-toiminnassa asiakaslähtöisyys näkyy siten, että organisaation resurssit pyritään kohdistamaan asiakkaalle lisäarvoa tuottaviin toimintoihin ja vastaavasti eliminoimaan prosessista kaikki arvoa tuottamaton toiminta, eli hukka (jap. Muda). Tällä tavoin tähdätään tuotetun asiakasarvon optimoimiseen suhteessa kustannuksiin, joka parantaa yrityksen kilpailukykyä ja edistää kestäväää liiketoimintaa. Vaikka lean tarjoaakin monia käytännön työkaluja ja menetelmiä asiakasarvon lisäämiseksi, sen tarkoitus on ennen kaikkea ohjata tekemään oikeita asioita kaikkialla organisaatiossa. (Kouri, 2010)

Lean-toiminnan pääpiirteitä ovat tuotannon jatkuvan virtauksen luominen ja kehittäminen, sekä hukan vähentäminen. Hukka käsittää kaiken asiakkaalle arvoa tuottamattoman toiminnan, jotka voivat aiheuttaa häiriöitä prosessin virtaukseen, kuten virhetapahtumat ja odottelu (Kliem, 2016, s. 15). Hukka voidaan jakaa seitsemään eri luokkaan:

1. **Ylituotanto:** Tuotteita valmistetaan välitöntä tarvetta enemmän. Sisältää keskeneräisen tuotannon ja suuret eräkoot.
2. **Odottelu:** Odotukset ja viivästykset eivät lisää asiakasarvoa. Odottelua voi aiheutua esimerkiksi kone- tai laiterikoista ja materiaaliin puutteesta.
3. **Tarpeettomat kuljetukset:** Materiaalien ja tuotannon turha liikuttelu
4. **Laatuvirheet:** Lisäävät asiakastytymättömyyttä, sekä hukkaavat materiaalia ja kapasiteettia.
5. **Varastot:** Varastointi lisää kustannuksia ja voivat vaikuttaa tuotteen laatuun.
6. **Ylikäsittely:** Tehdään asiakkaan näkökulmasta merkityksettömiä asioita.
7. **Turha työ:** Käsittää työvaiheet, jotka eivät tuo lisäarvoa tuotteeseen.

Edellä esitetyt teollisuudelle tyypilliset ilmiöt eivät lean-ajattelun mukaan tuo asiakkaalle lisäarvoa ja ovat siten liiketoiminnan kannalta turhia. (Kouri, 2010) Usein yksittäinen hukkailmiö voi aiheuttaa jonkin toisen hukan syntymisen. Esimerkiksi ylituotanto, kuten suuret eräkoot lisäävät usein tarvetta lisävarastoinnille, josta seuraa ylimääräistä materiaalin siirtelyä.

Lean sisältää useita eri käytännön menetelmiä hukan vähentämiseksi, kuten imuohjaus laadunvarmistus, tuotannon tasoitus ja työtehtävien vakiointi. Imuohjaus tarkoittaa valmistamista asiakastarpeen mukaan. Siihen kuuluu olennaisesti myös työstettävän materiaalin, kuten komponenttien valmistaminen seuraavan työvaiheen välittömään tarpeeseen. Imuohjauksen avulla vältetään ylimääräisen materiaalin valmistaminen, turha työ ja välivarastoinnin tarve. Laadunvarmistuksessa tuotteiden ja komponenttien virheet pyritään löytämään nopeasti ja mahdollisimman aikaisin, jotta virheellisiin kappaleisiin ei tehdä turhaa työtä. Lean-filosofiassa jokainen työntekijä on vastuussa laadunvarmistuksesta ja on velvollinen ilmoittamaan poikkeamista, häiriöistä tai turvallisuuspuutteista välittömästi. Tuotannon tasoituksella tarkoitetaan tuotteiden säännöllistä valmistamista pienissä erissä välittömän asiakastarpeen mukaan. Sillä pyritään pienentämään varastoinnin tarvetta ja keskeneräisen tuotannon määrään, sekä parantamaan tuotannon joustavuutta. Tuotannon tasoittaminen lisää kuitenkin tuotevaihtojen ja asetustaikojen tarvetta, jolloin odottelu lisääntyy. Työtehtävien vakiinnuttaminen liittyy osaltaan laadunvarmistukseen ja -seurantaan. Vakioitujen työtapojen- ja menetelmien avulla tuotannon ongelmat saadaan paremmin esiin. Lisäksi se tukee työntekijöiden oppimista ja lisää tuottavuutta. (Kouri, 2010; Liker 2014)

Kaiken kaikkiaan edellä kuvattujen menetelmien, eli imuohjauksen, laadunvarmistuksen ja tuotannon tasoituksen tarkoituksena on vähentää hukkaa kaikissa sen muodoissa, ja parantaa tuotannon virtausta.

Myös lean-toiminnan toinen pääpiirre, eli tuotannon jatkuvan virtaus, liittyy olennaisesti hukan vähentämiseen. Sen tarkoituksena on mahdollistaa aikaisemmin kuvattu tuotannon imuohjaus, jolloin odottelu-aika ja varastoinnin tarve vähenee. Lisäksi se on tärkeä osa lean-toiminnan jatkuvaa kehittämistä. Tuotannon tasaisen virtauksen edistäminen auttaa tuomaan esiin tuotantoprosessin ongelmat ja pakottaa siten poistamaan prosessista häiriötä, sekä lisäämään toiminnan suunnitelmallisuutta. (Kouri, 2010)

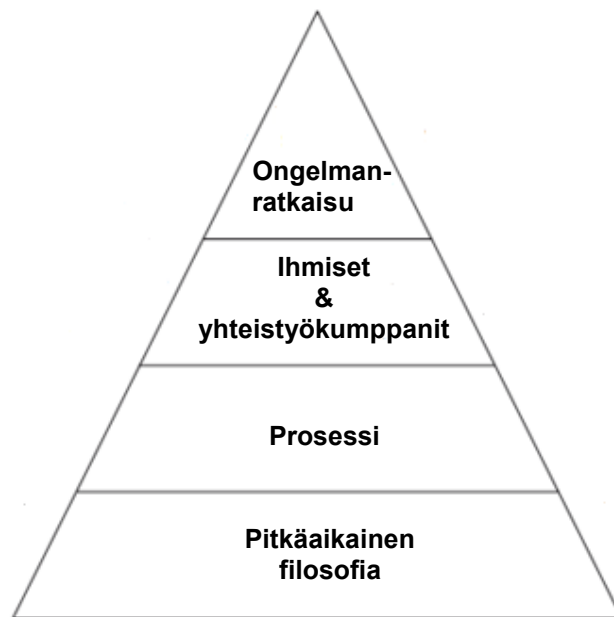
2.2 4P-malli

Vaikka tuotannon jatkuva virtaus ja hukan vähentäminen ovatkin olennainen osa lean-filosofiaa, ne keskittyvät ainoastaan tuotantojärjestelmän suorituskyvyn parantamiseen, kattaen vain yhden osan organisaation toiminnassa. Kokonaisvaltainen lean-toiminta edellyttää sen periaatteiden hyödyntämistä kaikkialla organisaatiossa, jonka vuoksi lean-filosofia on sidottava osaksi toimintakulttuuria (Kouri, 2010, s.6). Kokonaisuudessaan lean-filosofia koostuu yhteensä 14:sta toimintaperiaatteesta, jotka Liker (2014) on koonnut tutkiessaan japanilaisen autonvalmistaja Toyotan tapaa johtaa liiketoimintaa ja tuotantojärjestelmiä. (Liker, 2014). Toimintaperiaatteet on esitetty taulukossa 1.

Toyotan tuotantojärjestelmän 14 toimintaperiaatetta Liker (2014) perustuen

Periaate	TOYOTAN TAPA
Kohta 1: Pitkäaikainen filosofia	
1	Tähtää päätöksenteossa pitkäjänteisyyteen
Kohta 2: Oikeanlainen prosessi tuottaa oikeanlaisen lopputuloksen	
2	Luo virtausta prosessiin ongelmien esiintuomiseksi
3	Käytä imuohjausta ylituotannon välttämiseksi
4	Tasoi tuotantoa (Heijunka)
5	Luo kulttuuri, jossa pysähdytään ratkaisemaan ongelmia, jotta laatu saataisiin kerralla kuntoon.
6	Vakioituneet toimenpiteet ovat perusta jatkuvalle parantamiselle ja työntekijöiden sitouttamiselle
7	Käytä visuaalista ohjausta ongelmien havaitsemiseksi
8	Käytä vain luotettavaa ja perusteellisesti testattua teknologiaa ihmisten ja prosessien apuna
Kohta 3: Lisää organisaation arvoa kehittämällä ihmisiä ja yhteistyökumppaneita	
9	Kasvata johtajia, jotka ymmärtävät työn, sisäistävät filosofian ja opettavat sitä muille.
10	Kehitä poikkeuksellisia ihmisiä ja ryhmiä, jotka noudattavat organisaation filosofiaa
11	Kunnioita laajaa yhteistyökumppanien ja toimittajien verkostoa haastamalla ja auttamalla heitä kehittämään toimintaansa
Kohta 4: Jatkuva ydinongelmien ratkaiseminen edistää organisatorista oppimista	
12	Mene itse katsomaan tilanteen ymmärtämiseksi perusteellisesti
13	Tee päätökset hitaasti yhteisymmärryksessä, harkiten kaikkia vaihtoehtoja; Toteuta päätökset nopeasti
14	Tee yrityksestä oppiva organisaatio jatkuvan arvioinnin ja jatkuvan parantamisen kautta

Liker (2014) kuvaa Toyotan liiketoimintamallia neljästä tasosta koostuvan pyramidin avulla. Tasot pohjautuvat taulukossa 1 esitettyihin Toyotan 14 toimintaperiaatteeseen. Kyseistä pyramidia kutsutaan 4P-malliksi, joka on esitettyinä kuvassa 2. Mallin tarkoituksena on auttaa hahmottamaan Toyotan liiketoiminnan ja siten myös lean-johtamisfilosofian avaintekijöiden välistä hierarkiaa.



Kuva 1. Toyotan 4P-malli (Liker, 2014)

Lean-toiminta edellyttää organisaatiolta panostamista pitkän aikavälin päätöksiin, vaikka se tapahtuisikin lyhyen aikavälin taloudellisten tavoitteiden kustannuksella. Tämä periaate on ensimmäinen taulukossa 2 esitetyistä toimintaperiaatteista. Se toimii myös 4P-mallin pyramidin peruspilarina, sillä se on tärkein avaintekijä kokonaisvaltaisen lean-toiminnan organisoimisessa. Henkilöstöön ja tuotantojärjestelmiin investoiminen, sekä laatuun panostaminen ovat esimerkkejä pitkän aikavälin päätöksistä, joilla luodaan pohjaa menestyksekkäälle liiketoiminnalle. (Liker, 2014)

4P-mallin prosessitaso sisältää lean-toiminnan toteuttamisen organisaation tuotantoprosesseissa taulukon 1 periaatteiden 2-8 mukaisesti. Prosessitasoon liittyy olennaisesti lean-tuotanto ja kapaleessa 2.1 käsitelty hukan vähentäminen sen kaikissa muodoissa, sekä siihen liittyvät menetelmät. Suurin osa lean-filosofiaa hyödyntävistä organisaatiosta on keskittynyt juurikin prosessitason periaatteisiin ja käytäntöihin. Tällöin hyödyt jäävät kuitenkin vähäisiksi, sillä kokonaisvaltainen ja kestävä lean-toiminta vaatii 4P-mallin jokaisen tason omaksumista kaikilla organisaation tasoilla. (Liker 2014)

Pyramidin toiseksi ylin taso koostuu organisaation ihmisistä ja yhteistyökumppaneista. Se ohjeistaa taulukon 1 periaatteiden 9-10 mukaisesti organisaatiota panostamaan sen toimintaan liittyviin ihmisiin ja yhteistyökumppaneihin, sekä kehittämään heitä jatkuvasti. Periaatteet ohjaavat organisaatiota panostamaan ja kehittämään organisaatiossa olevien johtajien, työntekijöiden ja yhteistyökumppanien osaamista sen sijaan, että rekrytoitaisiin jatkuvasti uusia, organisaation ulkopuolisia työntekijöitä ja toimijoita. (Liker 2014)

Pyramidin huipulla on ongelmanratkaisun taso, jonka teemana on toiminnan jatkuva parantaminen ja oppiminen taulukon 1 periaatteiden 12-14 mukaisesti. Jatkuva parantaminen, eli kaizen on myös lean-filosofian keskeisimpiä periaatteita ja sen avulla tähdätään hukan vähentämiseen prosessin lisäksi muiltakin organisaatiotasoilta. Sen mukaan organisaation jokaisen henkilön tulee arvioida omaa toimintaansa Plan (Suunnittele), Do (Toteuta), Check (Arvioi) ja Act (Vakiinnuta), eli PDCA-syklin mukaisesti. (Liker 2014)

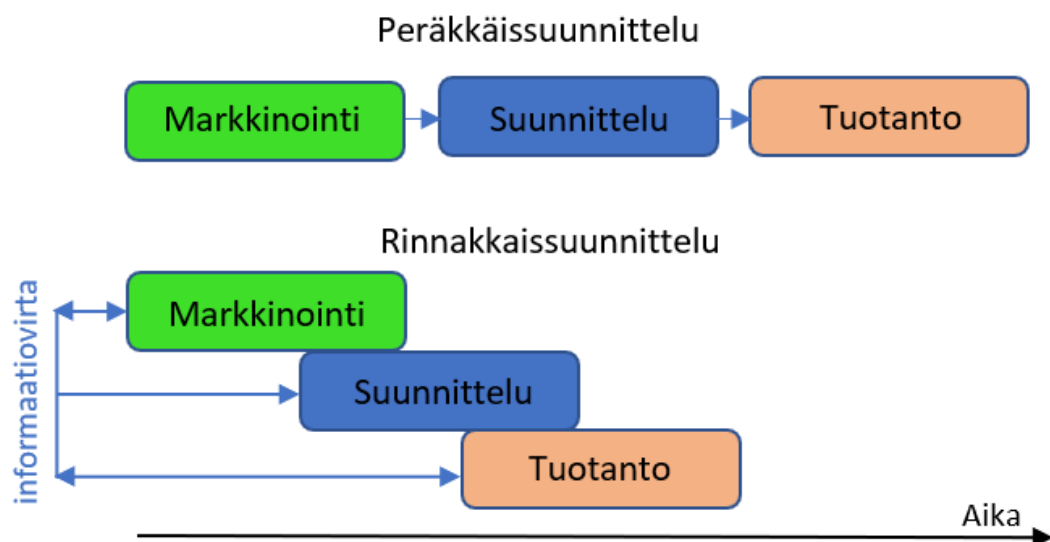
3. TUOTEKEHITYSPROJEKTIT

Ulrich & Eppinger (2008, s. 2) mukaan tuotekehityksen tarkoituksena on tuottaa asiakastarpeita vastaavia tuotteita siten, että niiden valmistus ja myynti on taloudellisesti kannattavaa. Kilpailukykyinen tuotekehitys edellyttää poikkitoiminnallisuutta yrityksen eri toimintojen välillä, sekä niiden välisen materiaali-, ja informaatiiovirtaa hallintaa. Ulrich & Eppinger (2008, s. 3) mukaan markkinointi, suunnittelu ja tuotanto ovat tuotekehitysprojektien kannalta keskeisimpiä toimintoja, sillä asiakasvaatimusten muuntaminen tuotteen suunnitteluvaatimuksiksi ja valmistuksen mukaiseksi tuotantoprosessiksi tapahtuu näiden toimintojen kautta..

Tässä luvussa käsitellään tuotekehitykseen liittyviä menetelmiä, joiden avulla voidaan edistää tuotekehityksen suorituskykyä, sekä esitellään tuotekehitysprosessimallien kehityskulkua. Ensimmäiseksi käsitellään tuotekehitysprojektin hallintaan liittyvä rinnakkaissuunnittelun malli. Tämän jälkeen käsitellään lyhyesti modulaarisuutta ja esitellään tuotealustoihin perustuva tuotekehitys. Kappaleen lopuksi esitellään tuotekehitysprosessimallien kehityskulkua. Tuotekehitysprosessimalleista esitellään geneerinen prosessimalli, sekä dynaamisen modulaarisuuden malli (Dymo). Sekä geneerisen prosessimalliin, että dymo-malliin liittyviä riskienhallinnallisia haasteita käsitellään myöhemmin tässä tutkielmassa luvun 5 yhteydessä.

3.1 Rinnakkaissuunnittelu

Aiemmin tuotekehitys tunnettiin prosessina, jossa tuotekehitystoiminnot toteutettiin peräkkäisinä, toisistaan erillisinä vaiheina. Tällaista toteutustapaa kutsutaan peräkkäissuunnitteluksi. Toimintojen peräkkäisyys johti tuotekehitysaikojen pitenemiseen ja teknisiin ongelmiin, jotka johtuivat lähinnä heikosta toimintojen välisestä yhteistyöstä. Tuotekehitysprojektien suorituskyvyn parantamiseksi suurin osa yrityksistä pyrkii nykyisin peräkkäisen toteuttamisen sijaan eri toimintojen rinnakkaiseen toteutukseen. (Valle & Vázquez-Bustelo 2009) Tällaista tuotekehitysprojektin toimintatapaa kutsutaan rinnakkaissuunnitteluksi (engl. Concurrent Engineering, CE). Peräkkäissuunnittelun ja rinnakkaissuunnittelun välistä eroa on havainnollistettu alla olevassa kuvassa 1.



Kuva 2. Yksinkertaistettu esimerkki rinnakkaissuunnittelusta. Kuva havainnollistaa rinnakkaissuunnittelun ja peräkkäissuunnittelun välistä eroa.

Kuvassa 1 kuvattu rinnakkaissuunnittelu on määritelmän mukaan systemaattinen lähestymistapa tuotteen, sekä siihen liittyvien prosessien, kuten valmistuksen ja tukitoimintojen yhdistämiseen,

sekä rinnakkaiseen toteuttamiseen. Sen avulla pyritään ennen kaikkea edistämään tuotekehitysprojektin toimintojen välistä vuorovaikutusta. Tämän lisäksi rinnakkaissuunnittelun on todettu johtavan tuotekehitysprojektien läpimenon nopeutumiseen, kustannusten alenemiseen ja laadun parantamiseen. (Haque 2003; Valle & Vázquez-Bustelo 2009)

Rinnakkaissuunnittelulle tyypillisiä piirteitä ovat eri toimintojen yhtäaikainen suorittaminen, projektin toimintojen varhainen sitouttaminen tuotekehitykseen, sekä poikkitoiminnalliset ryhmät (Valle & Vázquez-Bustelo, 2009; Wu et al. 2010, s. 1440). Valle & Vázquez-Bustelo (2009) mukaan viimeiseksi mainittu poikkitoiminnallisuus on rinnakkaissuunnittelun tärkein ominaisuus. He toteavat sen edistävän kommunikaatiota, organisatorista oppimista, päätöksentekoa ja laatua. Poikkitoiminnallisuuden vuoksi CE edellyttää heidän mukaansa projektiin liittyviltä ryhmiltä korkeatasoista keskinäistä riippuvuutta, jossa eri tuotekehitystoiminnot vuorovaikuttavat keskenään, sekä jakavat yhteiset tavoitteet ja toimintaperiaatteet.

Rinnakkaissuunnittelun toteutukseen liittyy myös monia haasteita. Huolimatta siitä, että sen on todettu parantavan tuotekehitysprojektin suorituskykyä aika-, laatu-, ja kustannusmittareilla mitattuna, se ei kuitenkaan pienennä niihin liittyviä riskejä (Wu et al. 2010, s. 1440). Tästä syystä huonosti organisoitu rinnakkaissuunnittelu vaikuttaa merkittävästi koko tuotekehitysprojektin riskillisyyteen. Rinnakkaissuunnitteluun liittyviä ongelmia ja riskejä käsitellään myöhemmin tässä tutkielmassa luvussa 5, tuotekehitysprojektin riskienhallinnan yhteydessä.

3.2 Modulaarisuus

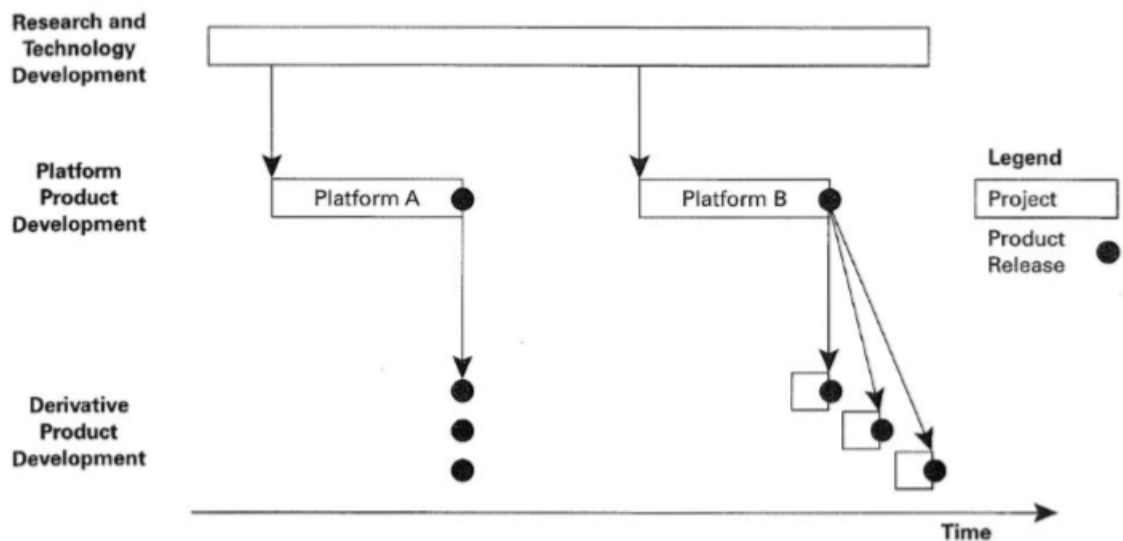
Pakkanen (2015) mukaan modulaarisuus tähtää asiakaslähtöiseen tuotteiden varioitavuuteen ja organisaation toimintojen monimutkaisuuden vähentämiseen yhteensopivien moduulivarianttien, sekä yhtenäisten rakenteellisten järjestelmien avulla. Toisin sanoen, sen tarkoituksena on yhtäaikaaisesti vähentää organisaation toimintojen kompleksisuutta, sekä lisätä niiden yhteneväisyyttä ja tuotteiden asiakasvarioitavuutta. (Riitahuhta, A. & Andreassen, 1999; Pakkanen 2015, s. 53) Lehtonen (2007s. 57) puolestaan kuvaa modulaarisuutta yksinkertaisemmin tuoterakenteen jakamisena pienempiin osakokonaisuuksiin, eli moduuleihin, joita voidaan yhdistellä toisiinsa tiettyjen rajapintojen avulla.

Tarkemmin määriteltynä, moduulit ovat tuoterakenteen itsenäisiä osakokonaisuuksia, joilla on erilaiset toiminnot ja ominaisuudet. Yksittäisiä moduulirakenteita voidaan yhdistellä niille määritellyjen rajapintojen avulla ja ne mahdollistavat moduuliyksiköiden keskinäisen vuorovaikuttamisen. Koska kukin moduuli on toiminnoiltaan ja ominaisuuksiltaan erilainen, niitä yhdistelemällä voidaan helposti ja tehokkaasti muodostaa erilaisia tuotevariantteja vastaamaan kunkin asiakaskunnan tarpeisiin. Moduuleihin perustuvaa tuotteiden muodostamista kutsutaan konfiguroinniksi ja näin muodostettuja tuotevariantteja puolestaan tuotekonfiguraatioiksi. (Pakkanen 2015, s. 53, 69-70, 72) Modulaarisuus käsittää moduulien suunnittelun, kehittämisen, sekä niiden laaja-alaisen hyödyntämisen. (Riitahuhta, A. & Andreassen, 1999; Pakkanen 2015, s. 53)

Modulaarisuuteen ja moduulirakenteiden suunnitteluun liittyy vahvasti myös tuotearkkitehtuurin käsite, joka on kuvaus osakomponenttien keskinäisestä järjestäytymisestä valmiissa tuoterakenteessa (Juuti, 2008, s.21; Pakkanen 2015, s. 55). Modulaaristen tuoterakenteiden suunnittelun yhteydessä puhutaan modulaarisesta arkkitehtuurista, jossa määritellään tuoterakenteessa käytettävät moduuliyksiköt, niiden rajapinnat ja miten ne vuorovaikututtavat valmiissa tuoterakenteessa. Modulaarisen arkkitehtuurin avulla suunnittelutyö helpottuu, sillä moduuliyksiköiden kehitys voidaan toteuttaa toisistaan erillisinä toimintoina edellyttäen, että moduulien väliset rajapinnat ovat suunnittelijoiden tiedossa. (Pakkanen 2015, s. 56)

3.3 Tuotealustoihin perustuva tuotekehitys

Asiakkaiden nopeasti muuttuvat vaatimukset ja monimuotoiset tarpeet ovat lisänneet tarvetta erilaisten tuotevarianttien luomiseen samanaikaisesti. Se kuitenkin edellyttää organisaatiolta standardoituja järjestelmiä, markkinoiden aktiivista seurantaa, sekä tuotekehitysprosessin joustavuutta kysynnän muutoksiin. (Pakkanen 2015, s.18) Tuotekehitystä tekevät yritykset ovatkin ajautuneet tilanteeseen, jossa suuri määrä standardoituja tuotteita ei riitä kilpailukyvyyn säilyttämiseen vaan niiden on tuotettava mahdollisimman paljon erilaisia tuotevariantteja ilman vaihtelevuutta itse valmistusprosessissa. Tuotealustoihin perustuvan tuotekehityksen on todettu olevan tehokas ratkaisu massakustomoinnin ongelmiin. Tuotealustojen avulla yritys voi lisätä kehitettävien tuotevarianttien määrää ja samalla vähentää tarvetta tuotantoprosessin muutoksille. (Qu et al. 2011, s. 2198) Eri teollisuudenalan yritykset ovatkin yhä useammin siirtymässä tuotekehityksessä tuotealustojen käyttöön luodakseen useita eri tuotevariantteja nopeammalla tahdilla. (Hallman et al. 2003, s. 149). Tuotealustojen käyttöä tuotekehityksessä on kuvattu alla olevassa kuvassa 2.



Kuva 3. Tuotealustat (engl. Platform) tukevat tuotteiden (engl. Product release) muuntelua. (Ulrich & Eppinger, 2008, mukaan Pakkanen 2015, s. 70)

Tuotealustan määritelmän laajuus vaihtelee kirjallisuudessa paljon. Hallman et al. (2003, s. 151) määrittelevät sen tuotteiden osajärjestelmien, kuten moduulien, sekä niiden välisten rajapintojen joukkona, jonka avulla voidaan tehokkaasti kehittää erilaisia tuotteita moniin eri käyttötarkoituksiin. Pakkanen (2015, s.87) puolestaan yhdistää tuotealustan määritelmän modulaarisuuteen. Hän kuvaa tuotealustaa uudelleenkäytettäväksi peruselementiksi, jota voidaan täydentää keskenään vaihtokelpoisten moduulien avulla erilaisten tuotevariaatioiden luomiseksi. Tuotealustoista voidaan moduulivarianttien ja niiden rajapintojen avulla johtaa erilaisia tuotevariantteja. Saman tuotealustan pohjalta kehitetyt tuotevariantit kuuluvat samaan tuoteperheeseen. (Pakkanen 2015, s.71)

Tuotealustojen keskeinen ominaisuus on uudelleenkäytettävyys, jolloin tietyt tuoterakenteet ja elementit, kuten esimerkiksi moduulit, voidaan standardoida. Tuoterakenteiden yhtenäisyys mahdollistaa vastaavasti tuotantoprosessien standardoimisen, jolloin yhden tuotantoprosessin avulla voidaan valmistaa monenlaisia tuotevariantteja yhden standardituotteen sijaan helpottaen tuotteiden asiakaskohtaista muuntelua. Standardoidut rakenteet ja järjestelmät vähentävät suunnittelutyötä ja tuotantojärjestelmien muutostarpeita, kuten asetusaikoja, joka johtaa tuotekehityksen nopeutumiseen. Tuotealustojen käyttö mahdollistaa valmistuksen mittakaavaedun hyödyntämisen massakustomoinnin yhteydessä, laskien tuotekehityksen sisäisiä kustannuksia, kuten suunnittelu- ja valmistuskustannuksia. (Lehtonen 2007, s. 87; Pakkanen 2015, s. 69). Kaiken kaikkiaan tuotealustojen hyödyt kumuloituvat niiden toistuvan käytön myötä tehostaen koko tuotekehitysprosessia (Hallman et al. 2003, s. 151; Lehtonen 2007, s. 87).

3.4 Tuotekehitysprosessimallit

Ulrich & Eppinger (2008, s. 12) kuvaavat tuotekehitystä sarjaksi peräkkäisiä vaiheita tai toimintoja, joiden tavoitteena on suunnitella, kehittää ja kaupallistaa tuote. He korostavat, että osa tuotekehitysprosessin vaiheista ovat pikemminkin aatteellisia vaiheita, eivätkä siten välttämättä toteudu käytännössä prosessin esittämällä tavalla. Hyvin määritellyn tuotekehitysprosessin on todettu auttavan yritystä tuotekehitysprojektin organisoimisessa, hallinnassa, suunnittelussa ja tuotekehitystoiminnan kehittämisessä. (Ulrich & Eppinger 2008, s. 12-13; Pakkanen 2015, s. 89)

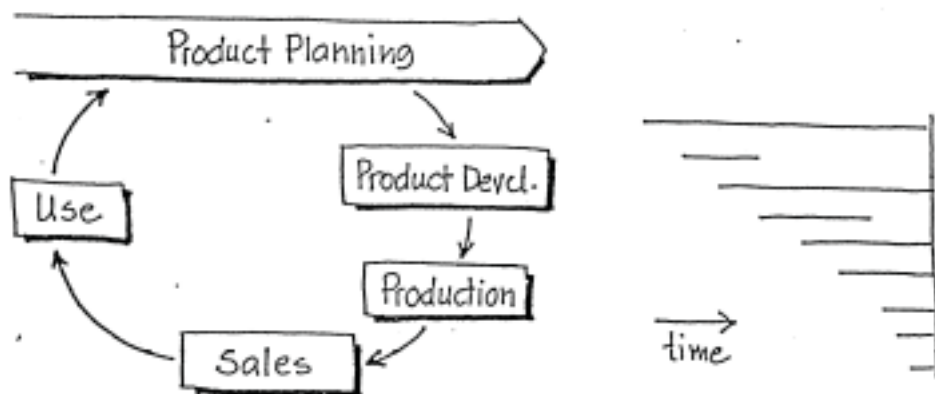
Suurin osa tuotekehitysprosesseista ovat joko vaiheittaisia, lineaarisia tai vesiputousmalleja, joista kukin lähestyy tuotekehitystä hieman eri näkökulmasta. Huolimatta mallien eroavaisuuksista, niiden ydinrunko on kuitenkin varsin samankaltainen. Tuotekehitysprosessimalleista on hahmotettavissa yleisesti kuusi vaihetta:

1. Tarpeen tunnistaminen
2. Tuotekehitystehtävän analysointi
3. Konseptin suunnittelu
4. Karkeasuunnittelu
5. Yksityiskohtainen suunnittelu
6. Toteutus

Näiden lisäksi tuotekehitysprosessia voi täydentää kattamaan myös tuotteen käytön ja tuotteesta luopumisen. (Pakkanen 2015, s. 89, 92) Tässä tutkielmassa tuotekehitysprosessin käsittely päättyy toteutusvaiheeseen, joka sisältää tuoteosien valmistuksen ja ensituotannon. Erilaisia tuotekehitysprosessimalleja on kehitetty erilaisten tuotetyyppien luomiseksi erilaisiin markkinatilanteisiin ja asiakastarpeisiin.

Siirtyminen massatuotetuista, yhtenäisistä tuoterakenteista massakustomoituihin, modulaarisiin tuoterakenteisiin on johtanut tuotekehitysprosessimallien kehittymiseen. Riitahuhta & Pulkkinen (2001s. 13) ovat jakaneet tuotekehitysprosessimallien kehityskulun viiteen eri vaiheeseen, joissa modulaarisuuden merkitys ja organisaatorakenteiden laajuus kasvavat kehityskulun edetessä.

Yksinkertaisimmassa, tuotekehitysprosessimallien kehityskulun ensimmäisen vaiheen mukaisessa mallissa tuotekehitys keskittyy yhden tuotteen kehittämiseen kerralla (kuva 3). Malli ei sisällä lainkaan tai sitten vain vähän modulaarisuutta. Tuotteet ovat toiminnoiltaan ja ominaisuuksiltaan täysin itsenäisiä, eikä eri tuotteiden välillä ole juurikaan yhtenevyyksiä. Tuotantoprosessi ei vaadi erityistä suunnittelua tai organisoitua, sillä valmistus tehdään yksi tuote kerrallaan ja niiden asiakaskohtainen konfigurointi on minimissään. (Riitahuhta & Pulkkinen 2001s. 13; Juuti 2009, s. 49)



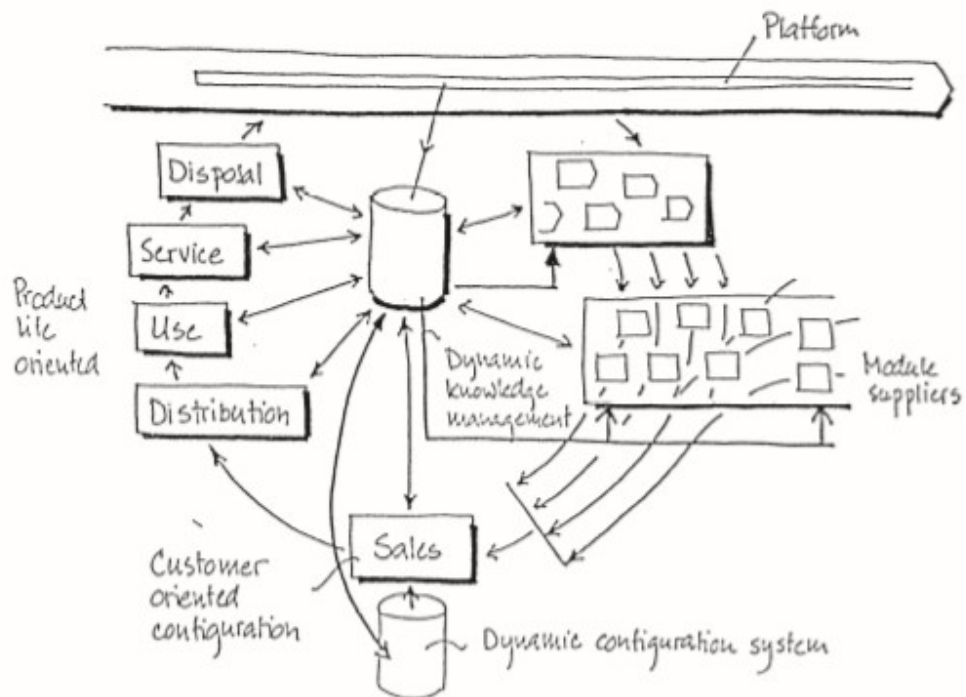
Kuva 4. Tuotekehitysprosessimallin kehityskulun ensimmäinen vaihe (Juuti 2009, s. 49).

Kehityskulun toisessa vaiheessa on siirrytty yksittäisten tuotteiden sijasta markkinaorientoituneiden tuoteperheiden valmistukseen. Tuoteperheet voidaan määritellä yhtenäisten järjestelmien tai yhteisen arkkitehtuurin avulla. Tuoteperheiden kehitys vaatii enemmän suunnittelutyötä ja organisaation eri toimintojen välistä yhteistyötä verrattuna itsenäisten tuoterakenteiden kehittämiseen. (Juuti 2009, s. 49)

Kolmannen kehitysvaiheen mukaisessa prosessimallissa tuoteperheet määritellään yhteisen arkkitehtuurin avulla. Arkkitehtuurissa kuvataan saman tuoteperheen tuotteissa käytettävien moduuliyksiköiden tuotanto-, ja toimitusprosessit. Kolmannessa vaiheessa organisaation eri toimintojen välinen tiedonkulku ja päällekkäisyys lisääntyvät. (Riitahuhta & Pulkkinen 2001 s.13; Juuti 2009, s. 49)

Neljäs kehitysvaihe huomioi tuotteen koko elinkaaren ja tähtää tuotealustojen avulla tehtävään tuotteiden konfigurointiin. Tuotealustat määritellään organisaatiokohtaisten ominaisuuksien, kuten käytettävissä olevan teknologian, tiedon ja ydinosaamisen avulla. Kaikki organisaation toiminnot toimitusketju mukaan lukien suunnitellaan siten, että ne tukevat tuoteperheen modulaarista rakennetta tai yhteistä tuotealustaa. (Riitahuhta & Pulkkinen 2001s. 13; Juuti 2009, s. 49)

Viidettä ja viimeisintä kehitysvaihetta kutsutaan dynaamiseksi modulaarisuudeksi (kuva 4) (Riitahuhta & Pulkkinen 2001 s.13). Siinä tuotealustoja ja moduulijärjestelmää päivitetään dynaamisesti ja jatkuvasti. Moduulijärjestelmän moduuleja päivitetään aika ajoin uusiin ja vanhat moduulit jätetään pois. Lehtonen et al. (2003) mukaan dynaaminen moduulirakenne onkin suurin erottava tekijä dymo-mallin ja muiden tuotealustoihin perustuvien tuotekehitysprosessimallien välillä.



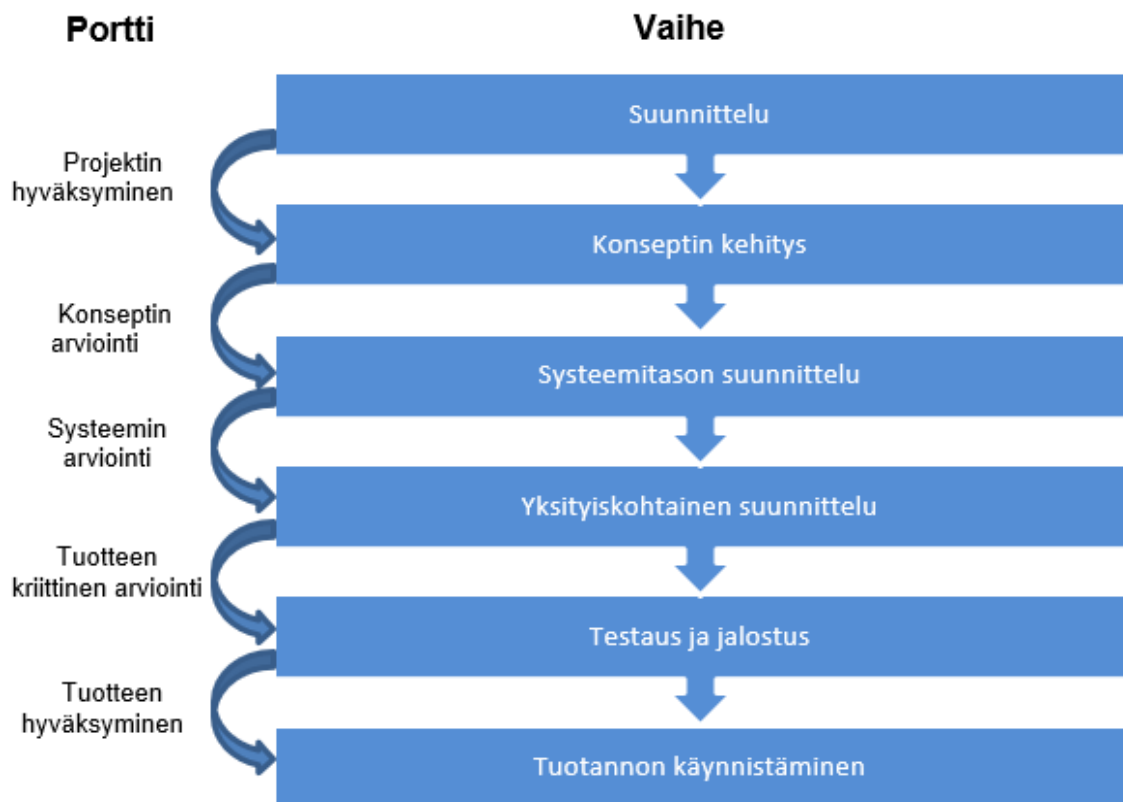
Kuva 5. Tuotekehitysprosessimallien viides kehitysvaihe: Dynaaminen modulaarisuus (Juuti 2009, s. 52)

Edellä esitetyistä tuotekehitysprosessimallien kehitysvaiheista keskitytään tässä kandidaatin-työssä erityisesti ensimmäisen ja viidennen vaiheen mukaisiin malleihin. Ensimmäisen kehitysvaiheen mukaiseksi prosessimalliksi on valittu Ulrich & Eppinger (2008) esittämä geneerinen prosessimalli, joka esitellään tässä luvussa seuraavaksi. Tuotekehitysprosessimallien viimeisintä vaihetta, dynaamista modulaarisuutta, käsitellään geneerisen prosessimallin jälkeen.

3.4.1 Geneerinen tuotekehitysprosessi

Geneerinen tuotekehitysprosessi on Ulrich & Eppinger (2008) kuvaama vaiheittainen tuotekehitysprosessimalli, jossa tuotteelle asetetut tavoitteet ja vaatimukset perustuvat vahvasti tunnistettuihin asiakastarpeisiin. Sitä käytetään yleisimmin markkinavetoisten tuotteiden valmistuksessa. Ulrich & Eppinger (2008) mukaan se on sovellettavissa myös muunlaisiin tilanteisiin ja tuotetyyppeihin, kuten tuotealustapohjaisiin tai modulaarisiin tuotteisiin. Mallissa tuotekehitysprosessi määritellään erityisesti markkinoinnin, valmistuksen ja suunnittelun näkökulmasta, joita organisaation muut toiminnot, kuten tutkimus, talous ja myynti, tukevat. (Ulrich & Eppinger, 2008, s. 14) Kaiken kaikkiaan geneerinen tuotekehitysprosessi koostuu kuudesta peräkkäisestä vaiheesta, joiden tehtävät ja vaatimukset markkinoinnille, suunnittelulle ja tuotannolle määritellään tarkasti ennen varsinaisen tuotekehitysprosessin alkua.

Kuvassa 5 esitetty geneerinen tuotekehitysprosessi alkaa tuotekehitysprojeffin suunnittelusta, joka usein nimitetään vaiheeksi nolla, sillä se on varsinaisen tuotekehitysprosessin valmistelua. Suunnittelu perustuu yrityksen strategiaan ja se sisältää myös käytettävissä olevan teknologian arvioinnin, sekä liiketoiminnallisten tavoitteiden määrittelyn. Suunnitteluvaiheen tuloksena saadaan määriteltyä tuotekehitysprojeffin toiminta-ajatus (engl. Mission Statement), jossa spesifioidaan kehitettävän tuotteen kohdemarkkinat, liiketoiminnalliset tavoitteet, avainoletukset ja rajoitteet. Se toimii myös ohjenuorana tuotekehitystiimille koko projektin ajan. (Ulrich & Eppinger, 2008, s. 13)



Kuva 6. Ulrich & Eppinger (2008) mukainen geneerinen tuotekehitysprosessi. Jokaisesta vaihetta seuraa portti, jossa tehdään yhteenveto vaiheen suoritumisesta.

Suunnitteluvaiheen pohjalta ryhdytään kehittämään tuotekonseptia, joka on geneerisen prosessin seuraava vaihe (kuva 2). Konseptin kehityksessä hahmotellaan tuotteen keskeiset ominaisuudet, toiminnot ja fyysinen rakenne kohdemarkkinoiden tarpeisiin perustuen. Tuotekonseptia kehitettä-

essä erilaisia hahmotelmia valmistettavasta tuotteesta on aluksi useita, joita arvioidaan tunnistettujen asiakastarpeiden perusteella sekä verrataan kilpaileviin tuotteisiin. Parhaiten soveltuvat tuotteideat valitaan jatkokehitykseen ja testaukseen. (Ulrich & Eppinger, 2008, s. 15)

Varsinainen tuoterakenteen suunnittelu jakautuu geneerisessä tuotekehitysprosessissa systeemitason suunnitteluun ja yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Systeemitason suunnittelussa määritellään tuotearkkitehtuuri, sekä jaetaan tuoterakenne useiksi eri osakokonaisuuksiksi, kuten moduuleiksi ja komponenteiksi. Lisäksi suunnitellaan myös tuotteen tuotantoprosessia. Vaiheen lopputuloksena saadaan tuoterakenteen ja sen osakokonaisuuksien geometriset piirustukset ja tuotantoprosessin virtauskaavio. Tässä vaiheessa markkinoinnin tehtävänä on määritellä mitä osia myytävään tuotepakettiin sisällytetään ja mitä osia myydään mahdollisesti erikseen. Lisäksi markkinointi suunnittelee tuotteen hinnoittelua sille asetettujen myyntitavoitteiden perusteella (Ulrich & Eppinger, 2008, s. 14-15)

Kun tuotteen ja tuotantojärjestelmän kokonaiskuva on selvillä, siirrytään tuotteen geneerisen tuotekehitysprosessin neljänteen vaiheeseen, eli yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Yksityiskohtaisessa suunnittelussa määritellään tuoterakenteen eri osien mitat, toleranssit ja materiaalit, sekä laaditaan tuotantosuunnitelma, jossa kuvataan valmistuksessa tarvittavat välineet, sekä valmistusprosessin ja kokoonpanon kulku. Vaiheen tuloksena saadaan tuotteen ohjausdokumentaatio, johon kaikki edellä mainitut tuotteeseen, sekä sen tuotantoon liittyvät määritelmät ja spesifikaatiot tallennetaan. Lisäksi tehdään make-or-buy analyysi, jossa arvioidaan mitkä komponentit kannattaa valmistaa itse ja mitkä hankitaan ulkoiselta toimijalta, sekä valitaan toimittajat näille komponenteille. Tuotteelle luodaan myös markkinointisuunnitelma. (Ulrich & Eppinger 2008, s. 14-15)

Testaus ja jalostusvaiheessa tuotteesta rakennetaan erilaisia koekappaleita, joita testataan ja arvioidaan ennen varsinaisen tuotannon käynnistämistä. Prototyyppejä testataan sekä valvotusti, että koekäytössä esimerkiksi tuotekehitysryhmän jäsenen tai avainasiakkaan toimesta. Prototyyppien tarkoituksena on auttaa tutkimaan tuotteen suorituskykyä ja luotettavuutta. Tästä syystä prototyypit ovat rakenteeltaan ja ominaisuuksiltaan lopputuotteen mukaisia mutta niiden valmistusprosessi voi poiketa lopullisesta. Prototyypeille tehtyjen kokeiden perusteella tehdään muutoksia lopulliseen tuotteeseen, jotta ne vastaisivat mahdollisimman hyvin niille asetettuja vaatimuksia ja asiakastarpeita. (Ulrich & Eppinger 2008, s. 14-15)

Geneerisen tuotekehitysprosessin viimeinen vaihe on tuotannon käynnistäminen, jossa lopullinen tuote valmistetaan suunnitelmanmukaisen tuotantoprosessin avulla. Tuotannon käynnistysvaiheessa tuotanto ei ole vielä jatkuvaa ja sen tarkoituksena on kouluttaa työvoimaa ratkaisemaan tuotantojärjestelmässä olevia ongelmia, jotta varsinainen tuotantoprosessi olisi mahdollisimman sujuvaa. Ensimmäisessä erässä valmistetut tuotteet toimitetaan tärkeimmille asiakkaille ja niiden käyttöä valvotaan erityisen tarkasti niissä mahdollisesti jäljellä olevien virheiden havaitsemiseksi. Siirtyminen tuotannon käynnistämisestä varsinaiseen, jatkuvan tuotantoon toteutetaan yleensä asteittain, ennen tuotteen lopullista lanseerausta laajempaan jakeluun. (Ulrich & Eppinger 2008, s. 15)

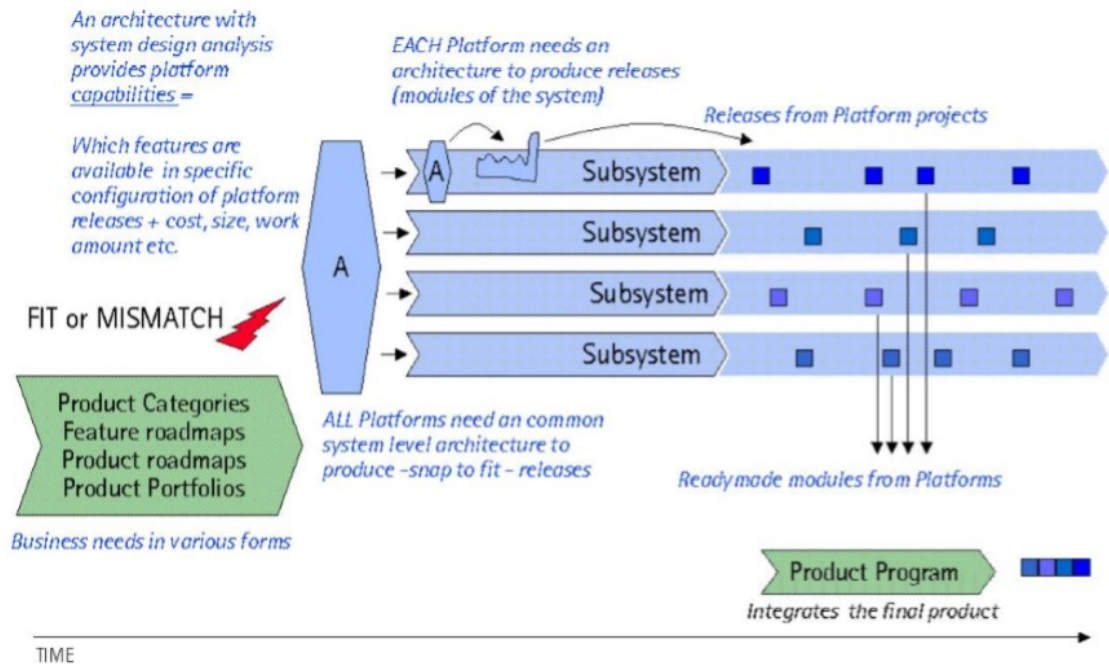
Geneerisen tuotekehitysprojektin jokaisen vaiheen välissä on portti, jossa tehdään yhteenveto, edellisen osavaiheen suoriutumisesta (kuvan 2 vasen reuna). Niissä arvioidaan, miten tuotekehityksen eri toiminnot ovat suoriutuneet niille määrätyistä tehtävistä ja onko projekti vaatimusten mukaisella tasolla edetäkseen seuraavaan vaiheeseen. Jos vaihe on suoritettu riittävän hyvin, voidaan edetä seuraavaan vaiheeseen. Vastaavasti mikäli toteutuksessa havaitaan puutteita, ne korjataan ja arvioidaan uudelleen, kunnes vaihe on suoritettu hyväksytysti. (Ulrich & Eppinger 2008, s. 22)

3.4.2 Dynaaminen modulaarisuus

Riitahuhta ja Andersen esittelivät vuonna 1998 tuotealustoihin perustuvan tuotekehityksen dynaamisen mallin, joka huomioi tuotteen elinkaaren vaikutuksen modulaariseen tuoterakenteeseen (Riitahuhta, A. & Andreassen, 1999; Lehtonen 2007, s. 93). Käytännössä tämä tarkoittaa tuotteiden luomisessa käytettävien moduulien tarpeenmukaista päivittämistä muuttuvien asiakastarpeiden ja vaatimusten mukaan. Dymo-mallin avulla voidaan parantaa tuotekehitysprosessin

suorituskykyä maksimoimalla suunnittelun uudelleenkäyttö, sekä lyhentämällä tuotekehityksen läpimenoaikaa (Pakkanen, 2015, s. 119).

Kuvassa 6 esitetyssä dymo-mallissa tuotekehitysprosessi jakautuu kahtia ylä-, ja alatasen kehitystyöhön. Ylätasolla keskitytään tuotealustojen kehittämiseen. Se sisältää asiakasvaatimusten keräämisen ja tuotetiedon hallinnan, sekä tuotearkkitehtuurin ja moduulijärjestelmän kehittämisen. Ylätasolla kehitetyn tuotealustan tarkoituksena on mahdollistaa markkinoiden tarpeisiin pitkällä aikavälillä vastaavan modulaarisen tuoteperheen luominen. Alatasolla keskitytään tuotteiden luomiseen yhdistelemällä tarjolla olevia moduuleita keskenään määriteltujen rajapintojen avulla. (kuvan 6 oikea puoli). (Lehtonen 2007, s. 93-94; Pakkanen 2015, s.118)



Kuva 7. Dymo-mallin mukainen tuotekehitysprosessi. Valmiit tuotteet rakennetaan valitsemalla ja yhdistelemällä sopivat moduuliyksiköt (engl. Subsystems) toisiinsa tuoteohjelman (engl. Product Program) mukaisesti. (Pakkanen 2015, s.120)

Dymo-malli alkaa ylätasolla tapahtuvasta kehitystyöstä (kuva 6, vasen alanurkka) ja sen ensimmäinen vaihe on tuotekehityksen suunnittelu. Prosessi lähtee liiketoiminnallisten vaatimusten, kuten organisaation tavoitteiden ja markkinatarpeiden määrittelystä. Lisäksi kehitetään tuotetason systeemiarkkitehtuuri, jossa määritellään käytettävät moduuliyksiköt ja niiden vuorovaikuttavat rajapinnat. (Lehtonen et al. 2003) Pakkanen (2015, s. 119) mukaan vaatimusten määrittely ja hallinta on dymo-mallissa jatkuva prosessi ja monimutkaisempaa verrattuna yksittäisten tuotteiden kehittämiseen, sillä se on tehtävä koko moduulijärjestelmän näkökulmasta

Toinen vaihe on systeemitason arkkitehtuurin kehittäminen (Kuva 6, "A") (Lehtonen et al. 2003). Systeemitason arkkitehtuurissa kuvataan kussakin tuotealustassa käytettävät moduuliyksiköt, sekä niiden vuorovaikuttavat rajapinnat. Lisäksi tulee määrittellä, mitkä tuoteominaisuudet ja toiminnot ovat kunkin tuotealustan käytettävissä. (Pakkanen 2015, s. 119)

Lopputuotteet valmistetaan kuvassa 6 esitetyllä tavalla yhdistelemällä kunkin tuotealustan moduuleita keskenään tuoteohjelmassa kuvatulla tavalla. Tästä syystä dymo-malli ei siten sisällä varsinaista kehitystyötä, koska tuotteet koostetaan kombinoimalla olemassa olevia moduuliyksiköitä keskenään niille määriteltujen rajapintojen avulla. Tämä lyhentää myös suunnittelutyöhön kuluva aikaa. Kussakin tuotteessa käytettävät moduulit, ja niiden keskinäinen järjestys kokoonpanossa on ennalta määrätty siten, että valmis kokoonpano kykenee vastaamaan ominaisuuksiltaan ylätasolla määriteltäviä asiakastarpeita (kuva 3, vasen alanurkka). (Pakkanen 2015, s. 119)

4. PROJEKTIN RISKIENHALLINTA

Tässä luvussa esitellään projektin riskienhallintaa ja siihen liittyviä käsitteitä. Luvun aluksi määritellään riskin käsite, sekä pohditaan projekteihin liittyviä riskitekijöitä. Luvun lopussa käsitellään riskienhallintaa ja esitellään projektin riskienhallintaprosessi PM BOK (2008) mukaan.

4.1 Riskin määritelmä

SFS-ISO 31000 standardin mukaan riski on epävarmuuden vaikutus tavoitteisiin ja yleisesti sen ajatellaan pitävän sisällään jotain negatiivista. Standardi kuitenkin tarkentaa, että riskin vaikutus on mikä tahansa poikkeama odotetusta, jolloin riski voi olla myös positiivinen tapahtuma. Riskiin sisältyy siten kaksi näkökulmaa, sisältäen sekä mahdollisuuden, että vaaran (Juvonen et al 2014, s. 8). Tässä tutkielmassa riskiä käsitellään kuitenkin negatiivisena ilmiönä, ja sen vaikutus nähdään tavoitteelle epäedullisena.

Juvonen et al. (2014, s.9) mukaan koetun riskin vakavuuteen vaikuttaa tapahtumaan liittyvät odotukset, riskin laajuus, sekä sen merkityksellisyys. Tapahtumaan liittyvä riski ei siten ole kaikille sama, vaan sen suuruus riippuu tarkasteltavasta näkökulmasta. Riskin suuruutta voidaan arvioida esimerkiksi kokemuseräisesti, aikaisempiin tapahtumiin perustuen tai laskennallisesti matemaattisten mallien avulla. Matemaattisesti määriteltynä riski ilmaistaan tapahtuman todennäköisyyden, sekä siihen liittyvien seurausten vakavuuden yhdistelmänä (kaava 1):

$$\text{Riski} = \text{Todennäköisyys} \times \text{riskin vakavuus.} \quad (1)$$

Matemaattisia malleja käytettäessä riskin todennäköisyyttä arvioidaan yleensä todennäköisyysjakaumien avulla. Matemaattisia malleja voidaan hyödyntää Kuitenkin tarkasti vain tyypillisimpien riskien osalta. Riskin vakavuus puolestaan riippuu organisaatiosta ja sen riskinotto-kyvystä. On myös huomattava, että seurauksiltaan vakava mutta hyvin epätodennäköinen tapahtuma voi aiheuttaa vain pienen riskin ja puolestaan pienet, yksittäiset riskitekijät voivat kumuloiduessaan vaikuttaa merkittävästi organisaation toimintaan. Tästä syystä luotettava riskien arviointi edellyttää Juvonen et al. (2014) mukaan kokonaisvaltaista analyysiä, jossa laskennallisesti tuotettua dataa arvioidaan kvalitatiivisesti kokemusten ja olemassa olevan tiedon perusteella. (Juvonen et al. 2014, s.9-10)

4.2 Projektiriskit

Kansainvälisen projektinhallintainstituutin (engl. Project Management Institute) laatima projektinhallintaan keskittyvä julkaisu PM BOK (2008) määrittelee projektin kertaluontoisena hankkeena, jonka tavoitteena on tuottaa jotain ainutlaatuista, kuten uusi tuote, palvelu tai tutkimustulos. Projekteihin kohdistuvien odotusten, rajallisten resurssien ja toimintojen poikkitoiminnallisuuden vuoksi niihin liittyy paljon erilaisia, sekä vaikeasti ennakoitavia riskejä, jotka voivat vaarantaa projektin onnistumisen. Projektin riskillisuus riippuu projektin luonteesta ja monet organisaation sisäiset ja ulkoiset tekijät vaikuttavat projektiin liittyviin riskeihin.

Projekteihin liittyvät riskit voidaan jaotella sisäisiin ja ulkoisiin riskeihin kuvan 1 mukaisesti. Ulkoisiin riskeihin, kuten muuttuviin asiakasvaatimuksiin, säännöksiin ja luonnonilmiöihin ei voida vaikuttaa mutta niihin voidaan varautua. Sisäiset riskit, kuten tekniset viat, virheet, laatuongelmat ja työtapaturmat ovat puolestaan omasta toiminnasta aiheutuvia uhkia, joihin voidaan vaikuttaa esimerkiksi projektinhallinnan sekä paremman suunnittelun avulla. (Webb, 2004, s. 29-33)

Sisäiset riskit	Ulkoiset riskit
<ul style="list-style-type: none"> • Tekninen riski • Aikatauluriski • Taloudellinen riski • Sopimusriski 	<ul style="list-style-type: none"> • Markkinariski • Yhteiskunnalliset riskit • Ympäristöriskit

Kuva 8. Projektin sisäiset ja ulkoiset riskit

Projektiriski voidaan vastaavasti jakaa yksittäisestä tapahtumasta aiheutuvaan riskiin ja projektin kokonaisriskiin, joka on yksittäisten riskitekijöiden yhteenlaskettu summa. Yksittäiset riskitapahtumat aiheuttavat projektin toteutukseen ei-toivottua vaihtelua, jolloin projektin riskillisuus kasvaa. Kohdistamalla riskienhallintatoimenpiteitä yksittäisiin riskeihin, voidaan siten vaikuttaa myös projektin kokonaisriskiin. Projektin kokonaisriskillisuus puolestaan riippuu organisaation hyväksyttävästä riskitasosta. Tämä tulee ottaa huomioon projektin riskienhallinnan suunnittelussa, sillä hyväksyttävän riskin suuruus vaikuttaa muun muassa siihen, miten resursseja kohdistetaan projektin riskienhallintaan käyttöön. (PM BOK, 2008)

4.3 Riskienhallinta

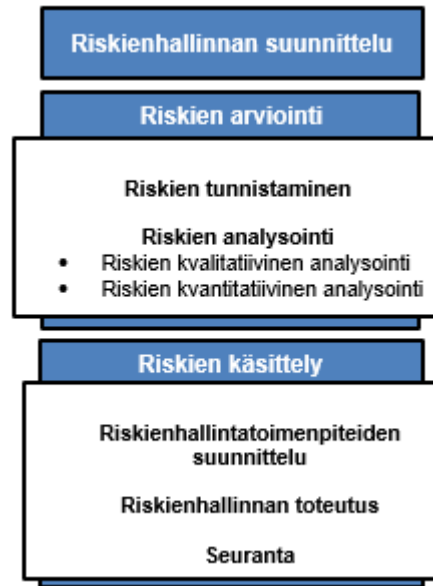
SFS-ISO 31000-standardi kuvaa riskienhallintaa koordinoituksi toiminnaksi, jolla organisaatiota johdetaan ja ohjataan riskien osalta. Sen avulla voidaan tunnistaa ja analysoida organisaation eri toimintoihin liittyviä riskejä, sekä auttaa hallitsemaan niitä siten, että niiden vaikutus organisaation toimintaan olisi mahdollisimman vähäinen. Riskienhallinnan tavoitteena on luoda ja säilyttää arvoa, parantaa suorituskkyä, sekä tukea innovointia ja tavoitteiden saavuttamista organisaatiossa (SFS 31000 2018, s.7). Organisaation riskienhallinnan tueksi on kehitetty erilaisia malleja, kuten COSO-viitekehys tai ISO 31000-standardi, johon tässäkin työssä riskeihin liittyvien seikkojen yhteydessä useasti viitataan. Kyseiset mallit kuvaavat riskienhallintaa hieman eri tavoin mutta niiden sisältö ei muutoin eroa toisistaan merkittävästi.

Kokonaisvaltaisen riskienhallinnan tulisi olla integroituna osaksi organisaation johtamisjärjestelmää. Tällä tarkoitetaan riskienhallinnan sisällyttämistä osaksi organisaation kaikkia toimintoja. (ISO 31000 2018, s.10) Lisäksi riskienhallinta edellyttää seurantajärjestelmän, kuten mittaristonluomista, jonka avulla organisaation johto voi valvoa ja arvioida riskienhallinnan suoriutumista, sekä havaita mahdolliset muutokset toimintaympäristössä. Riskien seurantajärjestelmä voi perustua muun muassa hävikin, tuotannon vaihtelun tai virheiden määrän seuraamiseen. Tärkeintä kuitenkin on, että seurantajärjestelmä antaa luotettavaa tietoa tarkasteltavasta kohteesta ja että tieto on riskienhallinnan kannalta relevanttia. (Juvonen et al. 2014, s. 17)

4.4 Riskienhallintaprosessi

ISO 31000-standardin mukaan riskienhallintaprosessi koostuu suunnitteluvaiheesta, riskien arvioinnista ja riskien käsittelystä. Projektinhallintaan erikoistunut PM BOK (2008) kuvaa projektin riskienhallintaprosessin hieman laajemmin jakaen sen seitsemään eri vaiheeseen:

1. Riskienhallinnan suunnittelu
2. Riskien tunnistaminen
3. Riskien kvalitatiivinen analyysi
4. Riskien kvantitatiivinen analyysi
5. Riskienhallintatoimenpiteiden suunnittelu
6. Riskienhallinnan toteutus
7. Seuranta



Kuva 9. Projektin riskienhallintaprosessin ISO3100 ja PM BOK (2008) perustuen

Vaikka ISO31000-standardi ja PM BOK (2008) esittävätkin riskienhallintaprosessin hieman eri tavoin, koostuvat ne kuitenkin samoista toiminnoista kuvan 8 mukaisesti.

Riskienhallintaprosessi lähtee liikkeelle riskienhallinnan suunnittelusta (kuva 8). Riskienhallinnan suunnittelu koostuu riskienhallinnallisten vaatimusten analysoinnista ja riskienhallintastrategian muodostamisesta. Suunnitteluvaiheessa sovitaan, miten ja millaisin menetelmin riskienhallintaa toteutetaan, sekä osoitetaan vastuuhenkilöt kyseiseen tehtävään (Herrmann 2015, s. 244). Koko projektiryhmän osallistuminen riskienhallinnan suunnitteluun on erityisen tärkeää, sillä jokaisen projektiryhmän jäsenen on ymmärrettävä riskienhallinnan merkitys ja otettava vastuu sen toteuttamisesta projektin edetessä. Suunnitteluvaiheessa on myös analysoitava kyseiseen projektiin liittyvien riskien luonnetta. Riskien analysoinnissa voidaan hyödyntää esimerkiksi tarkistuslistoja, asiantuntija-apua, ja organisaation aikaisemmista projekteista kerättyä dataa. Riskien arviointitapahtumia luodessa on riskin suuruus suhteutettava organisaation riskinottopolitiikkaan. (PM BOK 2008)

Riskien arviointi koostuu riskien tunnistamisesta ja analysoinnista (kuva 8). Riskien tunnistamisessa on tärkeää hahmottaa kaikki projektiin liittyvät sisäiset ja ulkoiset tekijät, jotka voivat vaarantaa projektin onnistumisen. Riskien tunnistamisessa voidaan hyödyntää samoja tiedon keräämismenetelmiä kuin suunnitteluvaiheessakin mutta lisäksi liiketoiminta-analyysit, kuten SWOT ovat hyödyllisiä työkaluja organisaation sisäisten riskien tunnistamisessa. Monipuolisen tiedonkeruun ja analysoinnin merkitys korostuu projektin sisältäessä jotain täysin uutta, kuten esimerkiksi uuden tuotteen kehitys. Koska projektin yksittäiset riskitekijät kumuloituvat projektin edetessä, on riskien tunnistamisen oltava jatkuva prosessi projektin elinkaaren kaikissa vaiheissa. (PM BOK 2008; Herrmann 2015, s. 245)

Riskien analysoinnissa arvioidaan tunnistettujen riskien todennäköisyyttä ja vaikutusta projektin kuluun. Tunnistettuja riskejä peilataan suunnitteluvaiheessa luotuun riskikriteeristöön, jonka perusteella arvioidaan riskin suuruutta suhteessa organisaation riskinotto-kykyyn. Usein riskien analysointi esitetään yksittäisenä osaprosessina mutta PM BOK (2008) jakaa sen edelleen kahtia, kvalitatiiviseen ja kvantitatiiviseen analyysiin. Kvalitatiivisessa analyysissä tunnistettuja riskejä arvioidaan projektiryhmän havaintoihin perustuen, jolloin esimerkiksi yksilöiden ennakkoluulot voivat vaikuttaa koettuun riskiin. Tällöin analyysin tukena voidaan käyttää projektiryhmän ulkopuolista asiantuntijaa, jonka tarkoituksena on auttaa projektiryhmää pohtimaan riskejä yli organisaatorajojen ja hahmottamaan projektiin liittyviä riskejä kokonaisvaltaisemmin erikseen järjestetyssä fasilitoidussa tapaamisessa, jota voidaan hyödyntää myös projektin ulkoisten riskien tunnistamisessa. Fasilitoitua tapaamista käsitellään tarkemmin kappaleessa 5.3.7 ELO RM-menetelmän

yhteydessä. Kvantitatiivinen analyysissä riskejä arvioidaan tilastojen ja numeroiden avulla, joten sen laatu riippuu saatavilla olevasta datasta. Se on usein organisaatiolle kallis ja aikaa vievä prosessi, sillä se vaatii toimiakseen yleensä erityisen ohjelmiston ja ammattitaitoa sen käyttöön. Kvalitatiivista analyysiä käytetään yleensä osana strategisesti merkittävien ja monimutkaisten projektien riskienhallintaa, sillä sen avulla saadaan arvioitua projektin riskillisyyttä huomattavasti luotetavammin verrattuna kvalitatiiviseen riskianalyysiin. (PM BOK 2008)

Riskienhallintatoimenpiteiden suunnittelussa määritellään strategia ja menetelmät projektiin liittyvien ei-hyväksyttävien riskien hallitsemiseksi projektin eri vaiheissa. Hallintatoimenpiteet tulee suunnitella riskin luonteen, sekä vakavuuden mukaisesti, jotta se olisi kustannustehokasta ja tukisi projektille asetettuja tavoitteita. Käytettävät menetelmät tulee dokumentoida ja liittää osaksi projektin hallintasuunnitelmaa, sekä jakaa resurssit projektin eri vaiheille niihin kohdistuvien uhkien perusteella. (PM BOK 2008) Herrmann (2015, s. 245) mukaan riskien pienentäminen, välttäminen, siirtäminen ja hyväksyminen ovat yleisiä strategioita riskien hallitsemiseksi mutta PM BOK (2008) mukaan riski voidaan jättää myös huomioimatta, mikäli sitä ei koeta riittävän todennäköiseksi tai resurssit eivät ole riittävät sen asianmukaiseksi hallitsemiseksi. Strategia valitsemisessa voidaan hyödyntää samoja päätöksentekomenetelmiä kuin riskienhallintaprosessin aikaisemmissakin vaiheissa. Matemaattisten menetelmien merkitys kuitenkin korostuu erityisesti laajojen ja monimutkaisten projektien yhteydessä.

Riskienhallintaprosessin viimeisessä vaiheessa sovitut riskienhallintatoimenpiteet otetaan käyttöön ja seurataan, että niiden käyttöönotto ja toteutus etenee suunnitellun mukaisesti. Seurannan tulee olla systemaattista ja riskien kartoittaminen säännöllistä, jotta varmistuttaisiin sovittujen käytäntöjen ja strategioiden toimivuudesta, sekä ajantasaisuudesta. Seuranta auttaa havaitsemaan myös mahdolliset muutokset projektin riskikentässä (PM BOK 2008). Riskien hallintaa on pyrittävä kehittämään seurannan perusteella jatkuvasti ja päivitettävä vastaamaan muuttuneen riskikentän vaatimuksia (Juvonen et al. 2014, s. 19)

5. TUOTEKEHITYSPROJEKTIN RISKIENHALLINNALLISET VAATIMUKSET

Riskienhallinta on olennainen osa tuotekehitysprojektia, sillä uuden tuotteen kehittämiseen liittyy useita eri riskitekijöitä, jotka voivat johtaa tuotekehitysprojektin epäonnistumiseen. Škec et al. (2013, s. 7) mukaan myöhästymiset, heikko laatu ja kustannusten kasvu ovat tavallisimpia tuotekehitysprojektien ongelmia. Hänen mukaansa nämä ongelmat voivat olla seurasta siitä, ettei tuote esimerkiksi täytä markkinoiden vaatimuksia, on teknisesti liian vaikea toteutettava tai se ei toimi tarkoituksenmukaisella tavalla. Yleisimmin tuotekehitysprojektien yhteydessä kohdataan Unger & Eppinger (2009, s.384) mukaan neljää eri riskityyppiä:

1. Tekninen riski
2. Aikatauluriski
3. Taloudellinen riski
4. Markkinariski

Tekninen riski on tuotteen toimintaan liittyvää epävarmuutta, joka aiheutuu, mikäli käytetty teknologia ei toimi odotetusti. Se voi näkyä esimerkiksi tuotteen huonona laatuina tai toimintaongelmina. Webb (2003, s. 29) toteaa, ettei uuden teknologian yhteydessä tekniseltä riskiltä voida välttyä mutta sitä voidaan pyrkiä pienentämään. Aikatauluriski on peräisin epävarmuudesta, joka liittyy tuotekehitysprojektin aikataulunmukaiseen toteuttamiseen. Taloudellinen riski liittyy puolestaan tuotteen kannattavuuteen, joka voi johtua esimerkiksi tuotekehitysprojektin kustannusten kasvusta tai siitä, ettei kehitetty tuote kykene tuottamaan voittoa yritykselle. Markkinariski aiheutuu, jos tuote ei kykene vastaamaan asiakkaiden vaatimuksia tai se ei kykene saavuttamaan haluttua asemaa suhteessa kilpailijoihin. Edellä esitetyt riskityypit eivät ole Unger & Eppinger (2009) mukaan riippumattomia toisistaan. (Unger & Eppinger 2009, s. 386) Tämä tarkoittaa, että yhden riskityypin toteutuminen voi lisätä muiden riskityyppien todennäköisyyttä. Esimerkiksi huonosti analysoidut asiakastarpeet voivat johtaa vääränlaisen tuotteen suunnittelemiseen, jolloin valmis tuote ei välttämättä menesty markkinoilla, lisäten tuotekehitysprojektin taloudellista riskiä.

BOK (2008) mukaan projektien riskienhallinnan tarkoituksena on tunnistaa ja hallita sellaisia riskejä, jotka jäävät muun projektinhallinnan ulkopuolelle. Tämän vuoksi tuotekehitysprojektin riskienhallinnan yhteydessä onkin pohdittava, millaisia riskejä olemassa olevien projektinhallinnallisten menetelmien avulla voidaan hallita ja millaisiin riskeihin ei vastaavasti niiden avulla voida vaikuttaa. Kun projektinhallinnan ulkopuolelle jäävät uhkatekijät ovat tiedossa, voidaan niiden perusteella valita oikeanlaiset menetelmät tuotekehityksen riskienhallinnallisten aukkojen täyttämiseksi ja parantaa tällä tavoin tuotekehitysprojektin onnistumisedellytyksiä.

Tässä luvussa käsitellään seuraavaksi tuotekehitysprojektin toteutukseen liittyvien menetelmien riskienhallinnallisia aukkoja. Ensimmäiseksi tarkastellaan kappaleessa 3.1 esitellyn rinnakkaisuunnittelun vaikutusta tuotekehityksen riskienhallintaan. Tämän jälkeen käsitellään tuotekehitysprosessimalleihin liittyviä riskienhallinnallisia haasteita kappaleen 3.4 yhteydessä esiteltyn geneerisen tuotekehitysprosessimallin ja dymo-mallin näkökulmasta. Luvun lopuksi esitellään viisi erilaista riskienhallintamenetelmää, joiden avulla voidaan edistää tuotekehitysprojektin riskienhallintaa.

5.1 Rinnakkaissuunnittelun vaikutus tuotekehitysprojektin riskeihin

Luvussa 3.1 käsitelty rinnakkaissuunnittelu on nykyisin yleisesti tunnettu käytäntö tuotekehityksessä. Huolimatta sen yleisyydestä, sen toteutukseen liittyy yhä paljon ongelmia, jotka lisäävät tuotekehitysprojektin riskillisyyttä. Tämän tutkielman lähteissä esitetyt, yleisimmät rinnakkaissuunnitteluun liittyvät ongelmat ovat koottuna taulukkoon 2.

Yhteenveto rinnakkaissuunnittelun ongelmista kirjallisuuden perusteella

	Hague (2003)	Valle & Vazquez-Bustelo (2009)	Wu et al. (2010)
Toimintojen heikko yhteistyö ja kommunikaatio	x	x	
Toimintojen kasvanut keskinäinen riippuvuus			x
Tuotekehitysprosessien hallinta	x	x	
Uudelleensuunnittelu	x	x	

Taulukko 2

Haque (2003, s. 206) tekemän tutkimuksen perusteella rinnakkaissuunnittelu aiheuttaa paljon ongelmia liittyen tuotekehitysprosessin hallintaan. Tämän lisäksi hän on todennut, että myös vanhat tuotekehitystoimintojen yhteistyöhön ja vuorovaikutukseen liittyvät ongelmat ovat edelleen läsnä. Tutkimuksen tulosten perusteella rinnakkaissuunnittelun hallintaongelmat ovat peräisin yrityksen heikosta kyvystä mallintaa ja hallita sen avulla toteutettavaan tuotekehitysprojektiin liittyviä prosesseja ja toimintoja.

Valle & Vazquez-Bustelo (2009, s. 145) tekemän selvityksen perusteella myös kehitettävän tuotteen luonne ja tavoitteet vaikuttavat rinnakkaissuunnittelun käytön riskillisyyteen. He ovat todennet, että mitä enemmän epävarmuutta, uutuutta ja kompleksisuutta tuotekehitysprojektiin liittyy, sitä vähäisempiä ovat rinnakkaissuunnittelun tuomat hyödyt aika-, ja laatumittareilla mitattuna. Epävarmuuden kasvaessa rinnakkaissuunnittelun käyttö voi sitä vastoin aiheuttaa laaja-alaisia, tuotteen uudelleensuunnitteluun, sekä tuotekehitystoimintojen yhteistyöhön ja kommunikaatioon liittyviä ongelmia. Tämän vuoksi radikaalien tuoteinnovaatioiden kehitykseen rinnakkaissuunnittelua ei pääsääntöisesti suositella. Rinnakkaissuunnittelu voi kuitenkin auttaa alentamaan radikaalien innovaatioiden kehitykseen liittyviä kustannuksia. Tästä syystä organisaation tulisi Valle & Vazquez-Bustelo (2009) perusteella analysoida projektikohtaisesti tuotekehitysprosessiin luonnetta ja tavoitteita ennen rinnakkaissuunnittelun käyttöönottoa.

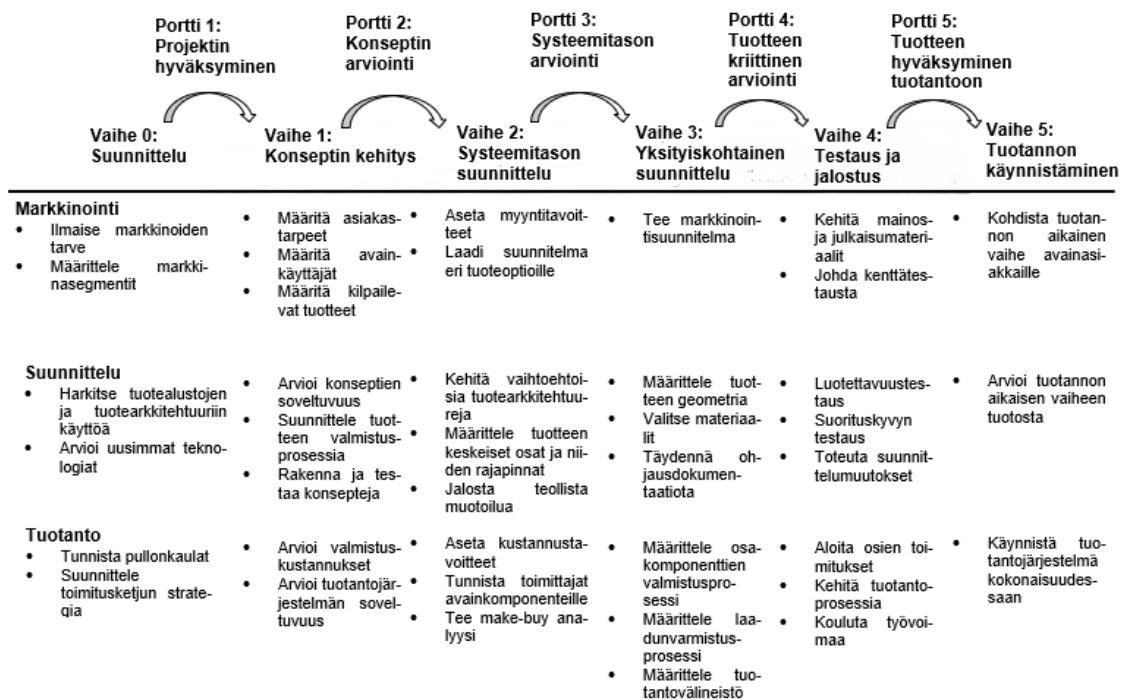
Wu et al. (2010, s. 1442) mukaan toimintojen keskinäinen riippuvuus lisää rinnakkaissuunnittelun käytön riskillisyyttä. Heidän mukaansa rinnakkaissuunnittelussa tuotekehitystoiminnot ovat sidottuina toisiinsa tiukemmin verrattuna peräkkäiseen toteutukseen, jolloin poikkeavuus yksittäisessä toiminnoissa voi aiheuttaa merkittäviä häiriöitä koko projektin toteutukseen. Tästä syystä rinnakkaissuunnittelun riskien hallinta edellyttääkin tuotekehitystoimintojen välisten vuorovaikutussuhteiden hahmottamista (Wu et al. 2010, s. 1442). Tällöin mahdollisiin ongelmiin voidaan ensinnäkin varautua etukäteen, sekä uhkatapahtumien toteutuessa minimoida niiden vaikutus projektin muihin osiin.

5.2 Tuotekehitysprosessien vaikutus tuotekehityksen riskienhallintaan

Suurin osa yrityksistä käyttää tuotekehitysprojekteissa jonkinlaista ennalta määriteltä tuotekehitysprosessimallia, joka tarjoaa selkeät vaiheet tuotteiden kehittämiseen. Tuotekehityksen organisoimisen lisäksi, niillä on myös olennainen rooli tuotekehitysprojektin riskienhallinnassa. Prosessimallien sisältämien vaiheiden avulla yrityksen on helpompi hallita tuotekehitykseen liittyviä riskejä ja epävarmuustekijöitä. (Unger & Eppinger 2009, s. 383-384) Koska prosessimalleja on useita erilaisia, joista kukin tarjoaa hieman erilaisen lähestymistavan tuotekehitykseen, niin myös se, miten eri mallit käsittelevät riskejä, vaihtelee mallien välillä. Tästä syystä tuotekehitysprojektin riskienhallintaa suunniteltaessa on otettava huomioon, millaisia tyypillisiä uhkia käytettävään prosessimalliin liittyy. Tässä kappaleessa käsitellään geneeriseen prosessimalliin ja Dymo-malliin liittyviä haasteita.

5.2.1 Geneerisen prosessimallin haasteet

Luvussa 3.4.1 esitellyn geneerisen tuotekehitysprosessin ongelmat ovat pääasiassa peräisin mallin kyvyttömyydestä reagoida liiketoimintaympäristön muutoksiin. Geneerisessä prosessimallissa tuote ja prosessin vaiheet määritellään kuvassa 9 esitetyllä tavalla tarkasti jo hyvin varhaisessa vaiheessa tuotekehitystä. Tämän vuoksi malli on hyvin jäykkä ympäristössä tapahtuville muutoksille. Yleisesti kaikenlaisten muutosten teko kesken tuotekehitysprojektin on kaikissa vaiheittaisissa prosessimalleissa haastavaa. Tästä syystä geneerinen prosessimalli sopiikin parhaiten tilanteisiin, joissa markkinoiden vaatimukset pysyvät mahdollisimman muuttumattomina ja käytettävä teknologia on tunnettu. Jatkuvasti muuttuvassa markkinaympäristössä vaatimusten kokonaisvaltainen määrittely projektin alkuvaiheessa on kuitenkin hankalaa, jonka vuoksi geneerisessä tuotekehitysprosessissa markkinariskin huomioiminen on erityisen tärkeässä roolissa. (Unger & Eppinger 2009, s.386; Škec et al. 2013, s. 7)



Kuva 10. Geneerisen tuotekehitysprosessin vaiheet ja toimintojen vastuut prosessin eri vaiheissa (Ulrich & Eppinger 2008, s. 14, muokattu)

Geneerisen tuotekehitysprosessin porteilla (kuva 9 yläreuna) suoritettavien yhteenvetojen vuoksi teknisten virhetapahtumien määrä ja tuotteen uudelleensuunnittelun tarve vähenee Unger & Eppinger (2009, s. 386). Tämä perustuu siihen, että projekti ei etene seuraavaan vaiheeseen ennen kuin edellinen vaihe on suoritettu vaatimusten mukaisesti. Toisaalta Škec et al. (2013, s. 7) toteavat, että porttien jäykkien arviointiperusteiden vuoksi kyky hallita teknistä riskiä puolestaan heikenee. Tällöin muun muassa laadunvarmistukseen ja teknologian luotettavuuteen on syytä kiinnittää erityistä huomiota heti prosessin alkuvaiheessa, ja pyrkiä tällä tavoin pienentämään teknisten ongelmien ilmenemistä prosessin aikana.

Geneerisessä tuotekehitysprosessissa iteraatiota, eli työtehtävien toistoa voi tapahtua vain vaiheen sisäisesti. Tämä tarkoittaa, ettei palaaminen edeltävään vaiheeseen, esimerkiksi virheen korjaamiseksi ole käytännössä mahdollista ilman ylimääräisiä kustannuksia ja työtä. (Unger & Eppinger 2009, s. 386) Geneerinen prosessimalli ei siten sisällä niin sanottua eri vaiheiden välistä takaisinkytkentää, sillä informaatio-, ja materiaalivirta etenee prosessissa pääasiassa vain yhteen suuntaan. (Unger & Eppinger 2009, s. 386). Tällöin prosessin edeltävät vaiheet eivät saa pa-

lautetta myöhemmiltä vaiheilta. Tämä heikentää myös projektin riskienhallintaa, sillä tieto prosessin edetessä kohdatuista ongelmista ei kulkeudu edeltäviin vaiheisiin riittävän tehokkaasti. Tällöin uhkana on, että sama virhe toistetaan tulevaisuudessa uudestaan.

5.2.2 Dymo-mallin haasteet

Luvussa 3.4.2 käsitellyn Dymo-mallin dynaamisuus perustuu liiketoiminnallisen ympäristön muutosten perusteella tehtäviin muutoksiin modulaarisessa tuoterakenteessa, joka tekee siitä huomattavasti joustavamman mallin verrattuna geneerisen tuotekehitysprosessiin. Dynaamiseen modulaarisuuteen liittyy kuitenkin paljon haasteita, jotka voivat aiheuttaa ongelmia tuotekehitysprojektin toteutukselle. Dymo-mallin suurimmat haasteet liittyvät joustavan modulaarisen tuoterakenteen suunnitteluun, suunnittelijoiden työhön, sekä vaatimustenhallintaan.

Pakkanen (2015, s. 125) esittämän lähteen mukaan moduulien mahdollisimman vähäinen vuorovaikutus on edellytys vankalle modulaarisuudelle. Vaikka tämä mahdollistaakin eri moduuliyksiköiden itsenäisen suunnittelun, se voi johtaa tarpeettomien moduulivarianttien kehittämiseen. Tämä on uhkana erityisesti silloin, kun suunnittelijoilla ei ole riittävää kokonaiskuvaa tuotearkkitehtuurista tai tuotealustasta (Pakkanen 2015, s. 56).

Lehtonen et al. (2003) mukaan moduulien vuorovaikuttavat rajapinnat on määriteltävä mahdollisimman yksinkertaisiksi, jotta moduulirakenteeseen voitaisiin joustavasti tehdä muutoksia tuotteen elinkaaren aikana. Tämä tarkoittaa, että yksittäisiä moduuleja voidaan tarpeenmukaisesti päivittää tai jättää pois siten, että se aiheuttaa mahdollisimman vähän muutoksia muihin moduuleihin. Heidän mukaansa liian kiinteät ja kompleksiset rajapinnat johtavat jäykkään moduulirakenteeseen. Tällöin uhkana on, että Dymo-mallin dynaamisuus heikkenee.

Dynaaminen modulaarisuus asettaa paljon vaatimuksia ja rajoitteita tuotesuunnittelijoiden työlle. Tämä on Lehtonen et al. (2003) mukaan johtanut siihen, että suunnittelutyö koetaan suunnittelijoiden keskuudessa haasteellisemmaksi verrattuna vapaalta pohjalta tehtävään tuotesuunnitteluun. He myös korostavat, että vaikka suunnittelutyö vaikeutuminen onkin tässä tapauksessa lähinnä asennekysymys, se on huomioitava erityisesti suunnittelutyöhön liittyvien muutosten yhteydessä.

Lehtonen et al. (2003) perusteella dynaamisuus aiheuttaa haasteita Dymo-mallin mukaisen tuotekehitysprosessin vaatimustenhallintaan. Vaatimustenhallinnan on ensinnäkin oltava jatkuva prosessi, kun yleensä se on tuotekehitysprojektien yhteydessä toteutettava kertaluontoinen tehtävä. Lisäksi vaatimustenmäärittelyssä on otettava huomioon yhden tuotteen sijasta useat tuotevariantit, joita modulaarisen järjestelmän avulla voidaan valmistaa. Myös tiedonkulku eri tuotekehitystoimintojen välillä markkinoinnista moduulien suunnitteluun ja tuotteiden luomiseen tulee olla luotettavaa ja tehokasta mallin dynaamisuuden takaamiseksi. Lehtonen et al. (2003) korostavatkin yhteisen terminologian merkitystä tuotekehitystoimintojen välisen tiedonkulun tehokkuuteen ja luotettavuuteen. (Lehtonen et al. 2003)

5.3 Menetelmät tuotekehitysprojektien riskienhallinnan tukemiseksi

Tässä osiossa esitellään menetelmiä rinnakkaissuunnittelun avulla toteutettavan tuotekehitysprojektien riskienhallinnan tukemiseksi. Menetelmät on valittu tukemaan edellä käsiteltyjä rinnakkais-suunnittelun ja tuotekehitysprosessien haasteita. Tarkasteltujen tutkimuskatsauksien ja kirjallisuuden perusteella valittiin viisi erilaista menetelmää, joiden on todettu edesauttavan tuotekehitysprojektien päätöksentekoa ja vähentävän niihin liittyvää epävarmuutta.

5.3.1 Design Structure Matrix

Design Structure Matrix (DSM) on työkalu projektiin liittyvien tehtävien välisten riippuvuuksien tunnistamiseen. Se kehitettiin 1970-luvulla informaatiovirtojen analysoinnin tueksi, kunnes 1990-luvun alussa sitä ryhdyttiin soveltamaan myös valmistavan teollisuuden projekteihin. DSM-matriisin on todettu parantavan tuotekehitysprojektiin liittyviä prosesseja, nopeuttavan läpimenoa, sekä alentavan sen kustannuksia ja riskillisyyttä (Boudouh & Bendada 2017, s. 3-4) DSM:n yleinen rakenne on esitettyä alla olevassa kuvassa 10.

	A	B	C	D	E	F
A	A					
B	X	B				X
C			C			
D	X			D		
E	X		X		E	X
F	X			X	X	F

PROJEKTIIN LIITTYVÄT:

- TEHTÄVÄT
- TOIMINNOT
- TEKIJÄT

A & B = Peräkkäisiä
C & D = Rinnakkaisia
E & F = Riippuvaisia

Kuva 11. Riippuvuusmatriisi Ulrich & Eppinger (2008, s. 336) perustuen.

DSM:ssä projektin tehtävät asetetaan samassa järjestyksessä sekä matriisin riveille, että, niitä vastaaviin sarakkeisiin (kuva 10). Tehtävien nimet kirjoitetaan kokonaisuudessaan kullekin riville, ja sarakkeet puolestaan nimitään kutakin tehtävää vastaavan symbolin, kuten esimerkiksi kirjaimen avulla. Tehtävien välinen riippuvuus osoitetaan asettamalla paikkamerkki niihin matriisin sarakkeisiin, joista kyseinen tehtävä on riippuvainen. Tarkastelemalla matriisia rivien suuntaisesti havaitaan tehtävät, joiden tuotokset toimivat syötteenä riviä vastaavalle tehtävälle. Lukemalla paikkamerkkejä sarakkeita pitkin voidaan vastaavalla tavalla tunnistaa tehtävät, jotka ovat riippuvaisia saraketta vastaavan tehtävän tuottamista tiedoista. Esimerkiksi kuvasta 10 havaitaan, että A:n tuotos toimii syötteenä B:lle, jolloin tehtävä A suoritetaan ennen B:tä. Lisäksi matriisin ensimmäistä saraketta alaspäin lukemalla nähdään, että A toimii lähtötietona tehtäville B, D, E ja F. Tehtävät C & D eivät ole riippuvaisia toistensa suorittamisesta, jolloin ne voidaan toteuttaa rinnakkain. Yksinkertaisessa DSM-mallissa diagonaalilla olevat ruudut jäävät tyhjiksi jakaen matriisin kahtia diagonaalin yläpuoliseen ja alapuoliseen osaan. (Boudouh & Bendada 2017, s. 3-4)

Ulrich & Eppinger (2008, s. 336) korostavat muutamia DSM:n tulkitsemiseen ja käyttöön liittyviä seikkoja. Heidän mukaansa riippuvuusmatriisin edut tulevat parhaiten esiin, kun tehtävät asetetaan matriisiin tarkoituksenmukaisessa suoritusjärjestyksessä. He myös huomauttavat matriisin diagonaalin yläpuolisilla paikkamerkeillä olevan erityinen merkitys tehtävien väliseen riippuvuuteen, sillä tällöin kyseistä ruutua vastaavien tehtävien suoritusjärjestystä voidaan vaihtaa. Esimerkiksi kuvassa 10 rivillä B ja sarakkeessa F sijaitseva paikkamerkki ilmaisee, että aikaisempi tehtävä B on riippuvainen myöhemmästä tehtävästä F, jolloin niiden välistä suoritusjärjestystä voidaan vaihtaa niitä vastaavan paikkamerkin eliminoimiseksi. Mikäli diagonaalin yläpuolista paikkamerkkiä ei voida poistaa tehtävien järjestystä vaihtamalla, niin tehtävät ovat toisistaan riippuvaisia ja ne tulee suorittaa yhtäaikaaisesti (kuva 10, tehtävät E ja F).

Boudouh & Bendada (2017, s. 3-4) käsittelevät lyhyesti neljää erilaista DSM-tyyppiä:

- Tehtäväpohjainen DSM, jota käytetään prosessien ja niiden välisten vuorovaikutussuhteiden mallintamiseen. Sen tavoitteena on analysoida prosessiin liittyviä kokonaisuuksia ja optimoida suunnittelutehtävien suoritusjärjestys iteroinnin minimoimiseksi.

- Parametripohjainen DSM, jota käytetään alatasen suunnittelutyön mallintamiseen. Sen tarkoitus on auttaa hahmottamaan suunnitteluparametrien keskinäisiä riippuvuussuhteita erityisesti kompleksisten tuoterakenteiden yhteydessä.
- Komponenttipohjainen DSM, jota käytetään tuotteen komponenttien vuorovaikutussuhteiden mallintamiseen.
- Työryhmäpohjainen DSM, jota käytetään organisaation toimintojen välisten vuorovaikutussuhteiden mallintamiseen. Se auttaa korostamaan toimintojen välisiä yhteyksiä, jolloin toimintojen hallinta ja kommunikaatio paranee.

Kolme ensin mainittua DSM-tyyppiä auttavat erityisesti tuotekehitysprosessin vaiheiden ja tuotteen suunnitteluun liittyvän iteroinnin vähentämisessä (Boudouh & Bendada (2017, s. 3-4). Yasmine & Braha (2003, s. 170) mukaan DSM auttaa vähentämään erityisesti suunnittelematonta iterointia ja tuotteen uudelleensuunnittelua, joita odottamattomat suunnitteluvirheet tai yhtäkkiä muuttuvat asiakasvaatimukset voivat aiheuttaa. Kolmanneksi mainittua komponenttipohjaista DSM-matriisityyppiä voidaan hyödyntää apukeinona eritoten tuotteen modulaarisen arkkitehtuurin, sekä moduulien välisten rajapintojen määrittämisessä, jolloin modulaarisen tuotejärjestelmän suunnittelutyö yksinkertaistuu (Pakkanen 2015, s. 192; Boudouh & Bendada 2017, s. 3-4). Työryhmäpohjainen DSM-tyyppi puolestaan tukee tuotekehitysprojektiin liittyvien toimintojen hallintaa. Se korostaa tuotekehitystoimintojen välisiä suhteita edistämällä ymmärrystä toimintojen välisistä riippuvuuksista, jolloin myös niiden koordinointi ja kommunikaatio paranee. (Boudouh & Bendada 2017, s. 3-4)

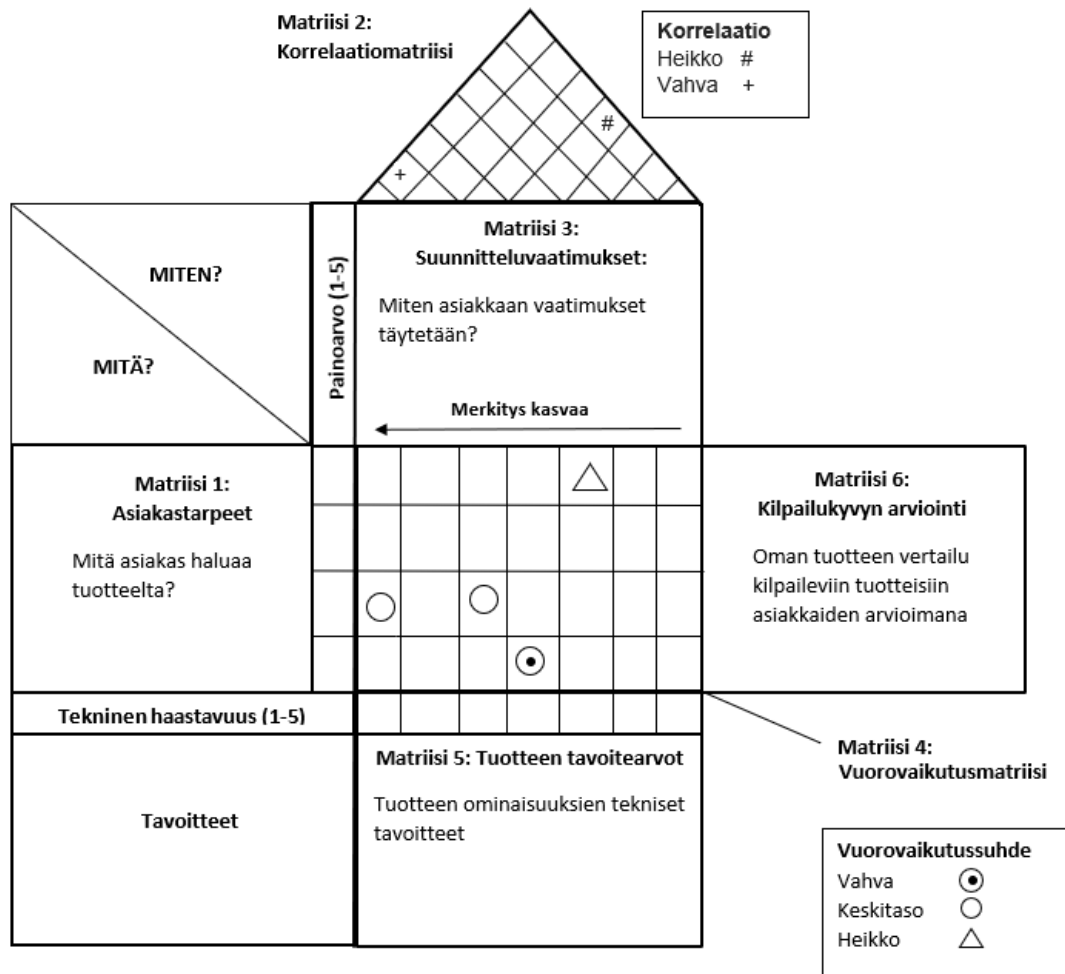
DSM on varsin yksinkertainen työkalu erilaisten elementtien välisten riippuvuussuhteiden ja tietovirtojen hahmottamiseksi mutta sen tarkastelukenttä rajoittuu yhteen osa-alueeseen kerralla. Tuotekehitysprojektit ovat luonteeltaan dynaamisia ja monimutkaisia kokonaisuuksia, joiden kokonaisvaltainen hallinta vaatii myös useiden eri osa-alueiden välisten syy-seuraussuhteiden ja tietovirtojen hahmottamista. (Danilovic & Browning 2007, s. 313) Tästä syystä DSM-matriisi on enemmänkin työkalu, jota voidaan helposti soveltaa tuotekehitysprojektin eri osa-alueisiin ja vaiheisiin tukemaan projektin päätöksentekoa. Se myös auttaa tunnistamaan monia tuotekehityksen prosesseihin ja tehtäviin liittyviä uhkia, pienentäen niihin liittyviä riskejä, sekä lisäten niiden hallittavuutta.

5.3.2 Quality Function Deployment

Quality Function Deployment (QFD) on 1960-luvun lopussa Japanissa kehitetty ja useimmiten tuotekehityksessä käytetty menetelmä asiakastarpeiden muuntamiseksi tuotekehitysprosessin ja tuotannon teknisiksi vaatimuksiksi. Se tähtää sellaisten tuotekehitykseen liittyvien toimintojen ja ominaisuuksien kehittämiseen, jotka lisäävät tuotteen laatua ja asiakastyytyväisyyttä. Tästä syystä QFD onkin yksi tärkeimmistä kokonaisvaltaisen laatujohtamisen (engl. Total Quality Management) työkaluista ja tukee siten tämän tutkielman alussa esiteltyä Lean-filosofiaa. QFD-prosessi koostuu kaiken kaikkiaan neljästä vaiheesta:

1. Tuotteen suunnittelu
2. Tuotteen ja sen osakomponenttien suunnittelu
3. Valmistusprosessin suunnittelu
4. Tuotannon suunnittelu

QFD-prosessi alkaa tuotteen suunnittelusta, jossa kerätyt asiakastarpeet muunnetaan ensin tuotteen teknisiksi suunnitteluvaatimuksiksi. Se suoritetaan tuotekehityksen eri toimintojen välisenä yhteistyönä, päävastuun ollessa kuitenkin markkinointiosastolla. Vaiheen toteuttamiseen liittyy vahvasti kuvassa 10 esitetty House of Quality (HOQ), eli laadun talo, johon myös koko QFD-prosessi perustuu. HOQ koostuu yhteensä kuudesta eri matriisista, joista viisi toimii laadun talon "huoneina" ja yksi "kattona". (Patro et al. 2013, s. 2966). HOQ toteutetaan keräämällä asiakastarpeisiin, tuotteen ominaisuuksiin, kilpailukykyyn ja tuotantoon liittyvät seikat HOQ:n ruunoissa oleviin matriiseihin kuvan 10 mukaisesti.



Kuva 12. Esimerkki House of Quality:n eli laadun talosta ja sen matriiseista Booker et al. (2001, s. 303) perustuen

Kaikki tuotteen suunnitteluun vaikuttavat asiakasvaatimukset kerätään kuvassa 10 esitetyn laadun talon vasempaan reunaan (kuva 10, matriisi 1) ja niille annetaan numeerinen, asiakkaan näkemyksiin perustuva arvio kunkin vaatimuksen tärkeydestä. Sen yläoikealle sijoitetaan puolestaan asiakasvaatimuksia vastaavat suunnittelu-, ja tuotevaatimukset tärkeysjärjestykseen vasemmalta oikealle (kuva 10, matriisi 3). Mikäli kyseessä on modulaarinen tuoterakenne, niin Pakkanen (2015, s. 96) esittämän lähteen mukaan modulaarisuus on asetettava tärkeimmäksi suunnitteluvaatimukseksi, sillä se toimii lähtökohtana modulaariselle tuotekehitykselle. Alimpaan matriisiin (kuva 10, matriisi 5) kootaan tuotteen ja sen valmistukseen liittyvät tekniset tavoitteet, sekä suunnittelijoiden arviot niiden toteutuksen haasteellisuudesta. Sen tavoitteena on muuntaa matriisiin 1 listatut asiakastarpeet mitattaviksi suunnitteluvaatimuksiksi, kuten esimerkiksi fysikaaliksi tai geometrisiksi mitoiksi. Kuvan 10 oikean reunan matriiseissa (matriisi 6) arvioidaan tuotteen kilpailukykyä asiakkaan näkökulmasta. Sen tarkoituksena on auttaa hahmottamaan kilpailevien tuotteiden kykyä vastata matriiseissa 1 esitettyihin asiakastarpeisiin.

HOQ:n keskellä olevassa matriisissa (kuva 10, matriisi 4) arvioidaan asiakastarpeiden ja teknisten vaatimusten (kuva 10, matriisit 3 ja 5) välistä vuorovaikutusta. Vuorovaikutusmatriisin tarkoituksena on auttaa koordinoimaan tuotteen suunnitteluun liittyviä tekijöitä vastaamalla, miten muutos yhdessä ominaisuudessa vaikuttaa muihin ominaisuuksiin. Laadun talon "kattona" toimii korrelaatiomatriisi (matriisi 2), joka kuvaa teknisten ominaisuuksien välistä riippuvuutta. Siinä määritellään, mitkä tekniset ominaisuudet tukevat toisiaan ja mitkä eivät. (Patro et al. 2013, s. 2966) Vuorovaikutus-, ja korrelaatiomatriisin auttavat projektiryhmää tunnistamaan asiakkaan, suunnittelun ja tuotannon kannalta kriittisimmät vaatimukset ja ominaisuudet, jotka sitten toimivat syöteenä QFD-prosessin seuraaville vaiheille. (Booker et al. 2001, s. 302)

Prosessin toisessa vaiheessa HOQ:n matriiseissa esitetyt kriittiset tuote-, ja suunnitteluvaatimukset muunnetaan tuotteen tärkeimpien osakomponenttien ominaisuuksiksi. Toista vaihetta johtaa organisaation suunnitteluosasto ja se sisältää erilaisten tuotekonseptien luomisen, sekä osakomponenttien spesifikaatioiden määrittelyn. Lisäksi vaiheessa määritetään asiakkaan näkökulmasta tuotteen kaikista tärkeimmät osat, joiden mukaan valmistusprosessi suunnitellaan. (Patro et al. 2013, s. 2966)

Kolmannessa vaiheessa suunnitellaan tuotteen valmistusprosessia edellisessä vaiheessa tunnistettujen kriittisimpien osakomponenttien, sekä niiden ominaispiirteiden perusteella. Valmistusprosessin suunnittelussa määritellään, millaisia menetelmiä tärkeimpien osakomponenttien valmistus vaatii, jotta valmiit osat toimisivat tarkoituksenmukaisesti. Vaiheen tuloksena luodaan virtauskaavio valmistusprosessin etenemisestä ja määritellä tavoitearvot osien valmistukselle, kuten esimerkiksi mittatoleranssit. Vastuu valmistusprosessin suunnittelusta on ensisijaisesti tuotanto-osastolla. (Patro et al. 2013, s. 2966)

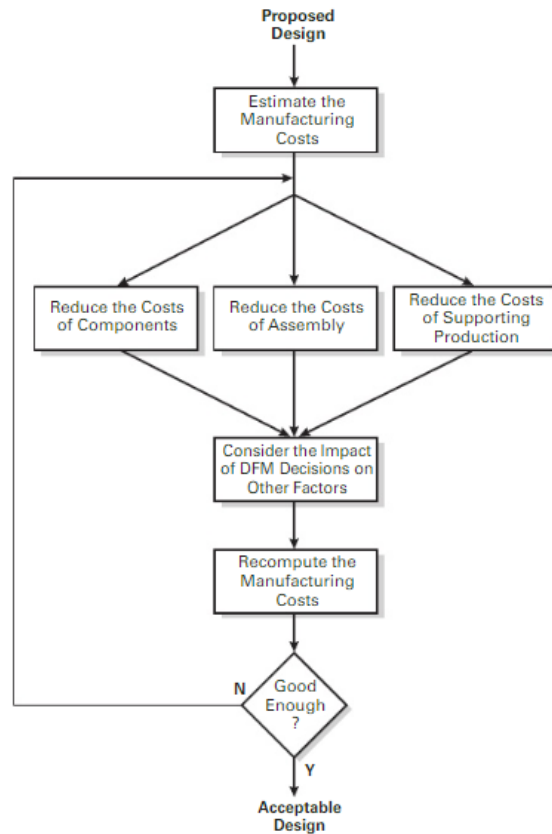
QFD-prosessin neljäs ja viimeinen vaihe on tuotannon suunnittelu. Edellisessä vaiheessa määritellyt osakomponenttien valmistuksen kannalta tärkeimpiä prosesseja verrataan tuotannollisiin vaatimuksiin, jotka vastaavasti toimivat lähtökohtana tuotannon suunnittelulle (Booker et al. 2001, s. 302). Tässä vaiheessa sovitaan kaikki tuotannossa käytettävät työvaiheet, laatuajärjestelmät, sekä testaus- ja ohjausmenetelmät, joita asiakastarpeiden mukaisen tuotteen valmistus edellyttää. Neljäs vaihe tulee suorittaa organisaation tuotanto-osaston ja laadunvarmistuksesta vastaavan osaston toimesta. (Patro et al. 2013, s. 2966)

QFD-prosessin edetessä alussa määritellyt asiakastarpeet muutetaan ensin tuotteen osakomponenttien ja sitten niiden valmistusprosessien teknisiksi vaatimuksiksi, joita käytetään QFD-prosessin viimeisessä vaiheessa tuotannon suunnittelun perustana. Tällä tavoin varmistetaan siitä, että kaikki tuotekehitykseen liittyvät prosessit, sekä valmis tuote vastaa kerättyjä asiakasvaatimuksia. QFD-menetelmän onkin todettu lisäävän muun muassa asiakastytyvyyttä, parantavan laatua, sekä vähentävän tuotteen uudelleensuunnittelun tarvetta (Booker et al. 2001, s. 302; Carnevalli & Miguel 2008, s. 739). Carnevalli & Miguel (2008, s. 739) tekemän laajan selvityksen mukaan suurin osa QFD:n hyödyistä ovat kuitenkin aineettomia, parantuneeseen projektinhallintaan johtavia tekijöitä, kuten edistynyt työntekijöiden tietotaidon kehittyminen, projektin toimintojen välisen kommunikaation parantuminen, sekä tehostunut päätöksenteko.

QFD:n käyttöön liittyvät ongelmat liittyvät lähinnä menetelmän ensimmäisen vaiheeseen ja HOQ:n sisältämien matriisien muodostamiseen, sekä kriittisten vaatimusten määrittämiseen. Tämän vuoksi menetelmän käyttö vaatii organisaation johdon tukea, sekä johdon ja projektiryhmän välistä yhteistyötä. (Carnevalli & Miguel 2008, s. 739) Lisäksi Booker et al. (2001, s. 302) mukaan QFD:n toteutus on aloitettava mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tuotekehitystä, jotta tuotekehitysprosessi voitaisiin suunnitella kerättyjen asiakastarpeiden mukaisesti ja kokonaiskuva siihen liittyvistä vaatimuksista olisi mahdollisimman selkeä.

5.3.3 Design for Manufacturing

Ulrich & Eppinger (2008) mukaan asiakastarpeet ja tuotespesifikaatiot ovat hyödyllisiä tuotekehityksen alun konseptivaiheen ohjaamiseen. Niiden yhdistäminen tuotekehitysprosessin myöhemmissä vaiheissa kohdattaviin suunnitteluongelmiin on kuitenkin usein haasteellista. Tämän vuoksi tuotekehityksen yhteydessä käytetään yleensä erilaisia Design for X (DFX) menetelmiä. DFX:ssä X edustaa tiettyä tuotteen elinkaaren vaihetta, kuten valmistusta, tai kriteeriä, jonka mukaan tuote halutaan suunnitella. (Ulrich & Eppinger 2008, s. 211) Tuotteen taloudellisen menestyksen keskeisimpänä tekijänä ovat sen valmistukseen liittyvät kustannukset. Tämän vuoksi tuotteen suunnittelu valmistettavuuden kannalta, eli Design for Manufacturing (DFM) on yleisin DFX menetelmä. Siinä keskitytään suunnittelemaan tuote siten, että sen valmistus olisi mahdollisimman helppoa ja kustannustehokasta (Bogue 2012, s. 112). DFM jatkuu läpi tuotekehitysprosessin, hyödyntäen valmistukseen liittyviä kustannusarvioita prosessin eri vaiheiden ohjaamisessa. (Ulrich & Eppinger, 2008)

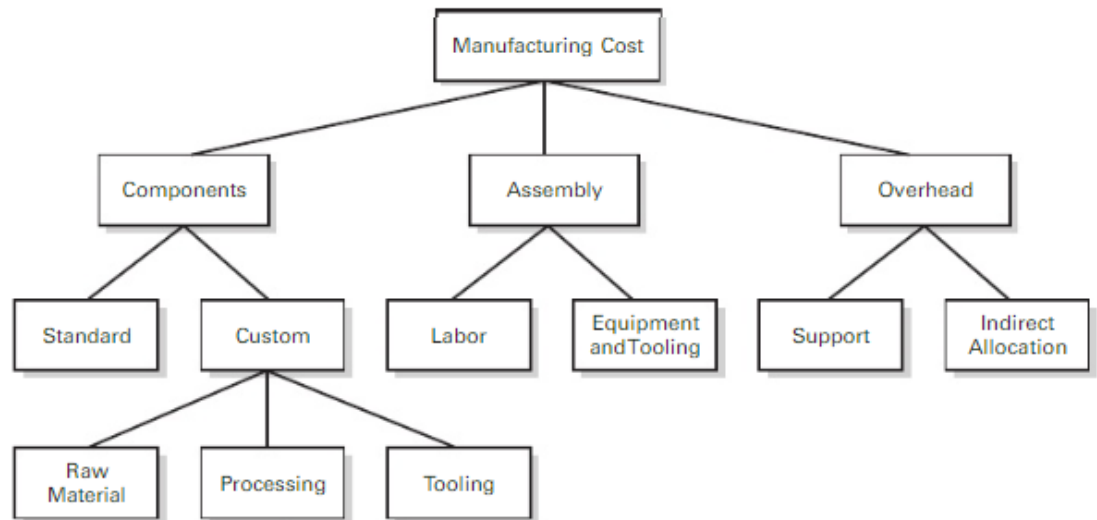


Kuva 13. Kuvaus Design for Manufacturing (DFM) menetelmästä (Ulrich & Eppinger, 2008, 213)

DFM prosessi koostuu kuvan 11 mukaisesti viidestä vaiheesta:

1. Valmistuskustannusten arviointi
2. Komponenttien kustannusten pienentäminen
3. Kokoonpanokustannusten pienentäminen
4. Tuotannon tukitoimintojen kustannusten pienentäminen
5. Arvioi päätösten vaikutus muihin tekijöihin

DFM prosessin ensimmäinen vaihe on valmistuskustannusten arviointi. Se auttaa tuotekehitysprojektiryhmää arvioimaan yleisellä tasolla, mikä tuotekehitykseen liittyvistä tekijöistä, suunnittelu, komponentit vai kokoonpano, aiheuttaa eniten kustannuksia. Arvioiden tarkoitus on ohjata projektiryhmää keskittämään huomionsa valmistuskustannusten alentamisen kannalta oikeisiin tekijöihin DFM-prosessin myöhemmissä vaiheissa. Ulrich & Eppinger (2008, s. 212) korostavat, että valmistuskustannusten arviointi on iteratiivinen prosessi. Tämä tarkoittaa, että kustannusarvioita voidaan arvioida yhä uudelleen tuotekonseptin kehittyessä siihen saakka, kunnes tuotekonsepti jäädytetään lopulliseen muotoonsa eikä siihen enää tehdä merkittäviä muutoksia.



Kuva 14. Kokonaiskuva valmistuskustannuksiin liittyvistä osatekijöistä (Ulrich & Eppinger 2008, s. 214)

Kuvasta 12 on kuvattuna kaikki tekijät, jotka yhdessä muodostavat tuotteen valmistuskustannukset. Ne toimivat syötteinä prosessin ensimmäisen vaiheen valmistuskustannusten arvioimiselle. Tuotteen valmistuksen yksikkökustannusten arviointi kuuluu erityisesti johdon laskentatoimen osaamisalueelle. (Ulrich & Eppinger 2008, s. 212-213)

Prosessin toinen vaihe keskittyy komponenttikustannusten pienentämiseen. Eritoten ulkoiselta toimittajalta hankitut komponentit muodostavat merkittävän osan tuotteen valmistuskustannuksista. Komponenttikustannusten pienentämisessä olennaisinta on ymmärtää, mistä kustannukset aiheutuvat. Tuotantoprosessien rajoitteet ja heikosta suunnittelusta aiheutuvat ylimääräiset työvaiheet ovat yleisiä esimerkkejä ylimääräisten kustannusten aiheuttajista. Komponenttikustannuksia voidaan pienentää muun muassa tuotannon mittakaavaedun, sekä tuotteen ja siihen liittyvien prosessien yhtenäistämisen, eli standardoinnin avulla. (Ulrich & Eppinger 2008, s. 220-223)

DFM-prosessin kolmannessa vaiheessa hyödynnetään Design for Assembly (DFA) menetelmää. Se on DFM:n lisäksi toinen yleinen DFX:n mukainen menetelmä, jossa tuotteen suunnittelussa keskitytään kokoonpantavuuteen. DFA tähtää kokoonpanon helpottamiseen ja siihen liittyvien kustannusten pienentämiseen erilaisten suunnitteluperiaatteiden kautta, kuten:

- Minimoi tuoteosien lukumäärä
- Käytä standardoituja osia
- Suosi modulaarisia tuoterakenteita
- Minimoi komponenttien asennussuunnat
- Suunnittele tuote siten, että sen kokoonpano voidaan suorittaa käsin

Tuotteen valmistettavuus ja kokoonpantavuus ovat tuotteen kustannusten kannalta hyvin kriittisiä tekijöitä, jonka vuoksi DFM ja DFA menetelmiä käytetään yleensä yhdessä (Bogue 2012, s. 112). Vaikka kokoonpanon osuus tuotteen kokonaiskustannuksista on verrattain pieni, niiden pienentämisellä on monia epäsuoria hyötyjä. Kokoonpanokustannusten lisäksi DFA vähentää esimerkiksi myös komponenttien kokonaismäärää, yksinkertaistaa valmistusprosesseja ja alentaa valmistuksen välillisiä kustannuksia. (Ulrich & Eppinger 2008, s. 223-224)

Komponentti- ja kokoonpanokustannusten vähentämisen jälkeen prosessin neljännessä vaiheessa keskitytään valmistuksen tukikustannusten minimointiin. Tuotannon tukikustannukset ovat kuluja, jotka aiheutuvat esimerkiksi tuotantoprosessien ohjauksesta ja valvonnasta, sekä tuotantovirheistä. Tuotantoprosessien yksinkertaistaminen ja asianmukaisten tuotannon tarkastusjärjestelmien toteuttaminen ovat periaatteita, joilla voidaan vaikuttaa valmistuksen tukikustannuksiin. (Ulrich & Eppinger 2008, s.226)

DFM prosessin viimeisessä vaiheessa tulee analysoida, miten vaiheissa 1-4 tehdyt päätökset vaikuttavat tuotteen muihin tekijöihin kuten laatuun, tuotekehityksen kestoon ja sen kustannuksiin. Nämä tekijät vaikuttavat yhdessä valmistuskustannusten kanssa tuotteen menestykseen ja siten myös taloudelliseen kannattavuuteen. Tästä syystä tuotteen suunnittelussa on löydettävä tasapaino analysoitujen valmistuskustannusten ja näiden tekijöiden välille, jotta tuote olisi mahdollisimman kannattava. (Ulrich & Eppinger 2008, s. 228, 231)

DFM:n hyödyt ovat hyvin laaja-alaisia ja se on yleisesti hyväksytty menetelmä monien tunnettujen tuotevalmistajien, kuten autonvalmistaja Fordin ja elektroniikkayhtiö Sonyn, keskuudessa (Bogue 2012, s. 113) Valmistuskustannusten lisäksi DFM:llä on Ulrich & Eppinger (2008) mukaan positiivisia vaikutuksia myös tuotteen laatuun. Lisäksi se lyhentää tuotekehityksen kestoa ja vähentää siihen liittyviä kustannuksia. Bogue (2012, s. 112) mukaan alentuneet tuotekehityskustannukset ovat seurausta muun muassa vähentyneistä valmistus-, ja kokoonpanovirheistä, sekä valmistusprosessien helpottumisesta.

5.3.4 Failure Mode and Effects Analysis

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), eli vika- ja vaikutusanalyysi on kvalitatiivinen analyysimenetelmä potentiaalisten virhetapahtumien havaitsemiseksi ja arvioimiseksi tuotteesta, prosessista tai järjestelmästä. FMEA-menetelmää käytettiin alun perin lentoteollisuuden suunnittelutyökaluna 1960-luvulla, josta se on myöhemmin levinnyt myös muualle teollisuuteen. Booker et al. (2001) mukaan tuotekehitys on nykyisin yksi FMEA-menetelmän tärkeimmistä sovelluskohdeista. Tuotekehityksessä FMEA:n tarkoituksena on auttaa havaitsemaan mahdolliset viat tuotteissa, sekä siihen liittyvissä prosesseissa ennen tuotteiden päätymistä asiakaskäyttöön. FMEA:n hyötyjen maksimoimiseksi sen käyttö tulisi aloittaa heti tuotekehitysprojektin alussa konseptin kehitysvaiheen jälkeen. (Booker et al. 2001, s. 295; Chao & Ishii 2007, s. 828)

FMEA:n alussa tarkastelun kohteeksi valittu tuote, prosessi, tai järjestelmä tulee analysoida mahdollisimman kattavasti potentiaalisten vikatilanteiden tunnistamiseksi. Kutakin tunnistettua riskitekijää arvioidaan niiden tapahtumistodennäköisyyden (Occurrence), vakavuuden (Severity) ja havaittavuuden (Detectability) perusteella. Kukin kolmesta tekijästä pisteytetään asteikolla 1-10 ja kerrotaan keskenään, jolloin saadaan laskettua kullekin vikatapahtumalle erityinen prioriteettiluku, eli Risk Priority Number (RPN) kaavan 2 mukaisesti.

$$O \times S \times D = RPN, \quad (2)$$

jossa O on tapahtumistodennäköisyys, S vakavuus ja D havaittavuus. Prioriteettiluku auttaa kiinnittämään huomiota kaikista kriittisimpiin riskitekijöihin. Chao & Ishii (2007, s. 829) toteavat, että mitä suurempi prioriteettiluku on, sitä suuremman riskin se aiheuttaa tarkasteltavan kohteen, kuten tuotteen tai järjestelmän, luotettavuudelle. Yleisen ohjeen mukaan laskennallisen prioriteettiluvun ollessa yli 100, riski voidaan luokitella vakavaksi ja siihen tulee kiinnittää erityistä huomiota. (Booker et al. 2001, s. 296)

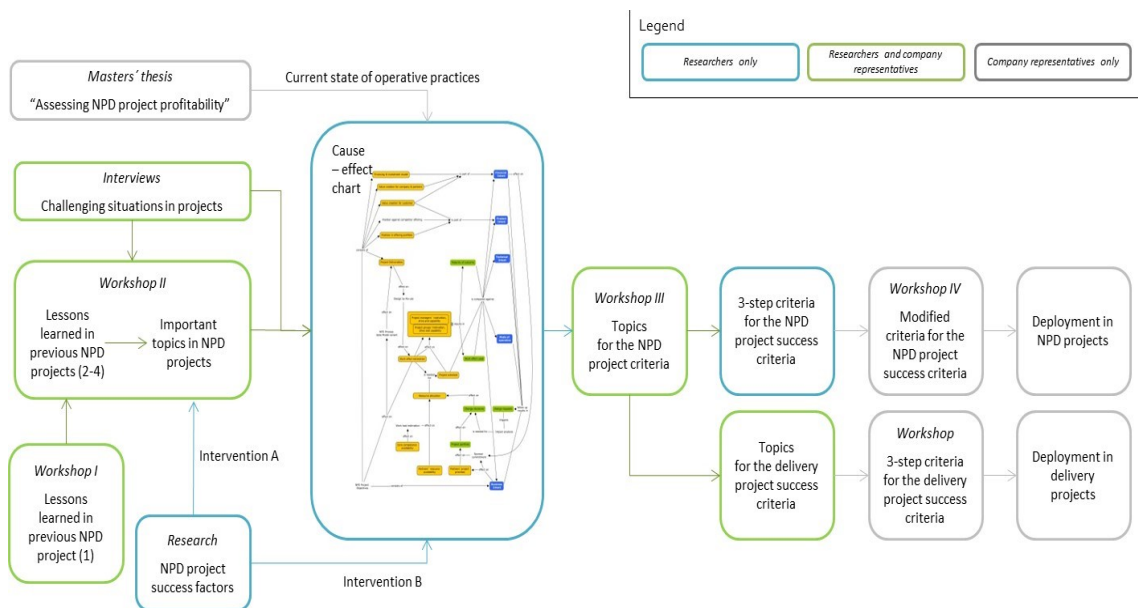
FMEA: käytön on todettu lisäävän asiakastytyvääisyyttä, sekä vähentävän tuotekehityksen virheitä ja tuotteen uudelleensuunnittelun tarvetta (Booker et al. 2001, s. 298; Segismundo et al. 2008, s.910-911). Tämän perusteella voidaan todeta, että FMEA:n avulla voidaan parantaa tuotekehityksen laatua ja vähentää hukkaa, kuten turhaa työtä, jota esimerkiksi tuotteiden uudelleensuunnittelu aiheuttaa. Lisäksi Segismundo et al. (2008, s.910-911) mukaan FMEA:n avulla tuotettu informaatio edistää tuotekehitysprojektin päätöksentekoa, jolloin muun muassa resursseja voidaan kohdistaa tehokkaammin tuotekehitysprojektin eri osiin.

5.3.5 Experience-Based Learning Oriented Method for Risk Management

Experience-Based Learning Oriented Method for Risk Management (ELO RM) on kokemusperäiseen oppimiseen perustuva riskienhallintamenetelmä. Se hyödyntää organisaation aiemmista projekteista opittuja asioita, sekä kokemuksia organisaation suorituskyvyn ja projektien riskienhallinnan kehittämiseksi. (Juuti & Kopra 2016) ELO RM ei suoranaisesti keskity riskien tunnistamiseen, vaan se auttaa projektihenkilöstöä kehittämään omaa tietämystään edistämällä kokemuksellista oppimista. ELO RM prosessin lopputuloksena luodaan onnistumiskriteeristö, jota voidaan käyttää projektien seurantatyökaluna.

Kuvassa 14 esitetty ELO RM-prosessi hyödyntää Kopra (2012) kuvaamaa fasilitointimenetelmää onnistumiskriteeristön luomisessa. Fasilitointimenetelmä toteutetaan fasilitoijan, sekä projektitiimin jäsenten välisenä tapaamisena. Fasilitoinnin tarkoituksena on Kopra (2012) perusteella kehittää jäsenten tietämystä keskinäisen vuorovaikutuksen ja tiedonjakamisen kautta. Fasilitoijan tehtävänä on ohjata prosessia vaikuttamatta lopputulokseen ja edistää ryhmän oppimista oikeanlaisten menetelmien avulla. Tapaamisessa käytetään hyödyksi työpajoja, joissa tiimin jäsenet pohtivat pienryhmissä muun muassa, millaisia edellytyksiä ryhmän tavoitteiden saavuttaminen vaatii, mitkä tekijät ovat aikaisemmin jääneet toteutumatta ja mitä ryhmän jäsenet olisivat tehneet toisin aikaisemmissa projekteissa. (Kopra, 2012, s. 129)

Menetelmään kuuluu työpajojen lisäksi myös interventioita. Interventioiden tarkoituksena on Kopra (2012, s. 115) mukaan auttaa ratkaisemaan työpajojen aikana kohdattavia ongelmatilanteita, jotka estävät keskustelun etenemisen. Hänen mukaansa tällaisia ongelmia voi aiheutua esimerkiksi organisatoristen esteiden tai osallistujien puutteellisten ongelmanratkaisukykyjen vuoksi.



Kuva 15. ELO RM prosessin vaiheet (Juuti & Kopra 2016).

Juuti & Kopra (2016) hyödynsivät tutkimuksessaan kuvan 14 mukaista ELO RM-prosessia riskien arviointityökalun kehittämiseksi erään tuotekehitystä tekevän organisaation tarpeisiin. Projektin suorituskyvyn mittaamiseksi luotiin kohdeyrityksen toimintakulttuurin soveltuvat kriteerit, joiden avulla voitaisiin varmistaa, että projektilla olisi kaikki edellytykset onnistuneeseen lopputulokseen. Kriteeristön luomisessa hyödynnettiin aikaisemmin esiteltyä, Kopra (2012) kuvaamaa fasilitointimenetelmää. Tutkimuksen fasilitointiprosessi koostui yhteensä neljästä eri työpajasta. Kahdessa ensimmäisessä työpajassa keskityttiin tunnistamaan aikaisemmissa tuotekehitysprojekteissa

kohdattuja haasteita ja onnistumisia (kuva 14, Workshop I ja II). Fasilitoijat loivat tunnistettujen tekijöiden pohjalta syy-seurauskaavion, jonka tarkoituksena oli auttaa hahmottamaan projektiin liittyvien tekijöiden riippuvuussuhteita ja tunnistettujen ongelmien juurisyitä. Syy-seurauskaavioista korostettiin mahdolliset tuotekehitysprojektin arviointikriteereiksi sopivat tekijät. Kolmannessa työpajassa syy-seurauskaavio esiteltiin yrityksen edustajille, jotka muokkasivat ja karsivat kaaviota omiin näkemyksiensä perusteella. Jäljelle jääneet tekijät hyväksyttiin yrityksen tuotekehitysprojektien onnistumiskriteereiksi. Onnistumiskriteereille määriteltiin raja-arvot, joiden toteutumista arvioitiin sanallisella asteikolla hyvä, riittävä tai heikko. Jokaista raja-arvoa kuvattiin kriteerille ominaisella, numeerisella mittarilla, johon oli yhdistetty myös sanallinen kuvaus. Neljännessä työpajassa onnistumiskriteeristö esiteltiin kohdeyritykselle, joka muokkasi onnistumiskriteeristöä yrityksen terminologian mukaiseksi. Lopuksi kohdeyrityksen edustajat hyväksyivät kehitetyn onnistumiskriteeristön ja se otettiin käyttöön tuotekehitysprojektien seurantatyökaluksi. (Juuti & Kopra 2016) Esimerkki onnistumiskriteeristöstä on esitetty alla olevassa kuvassa 15.

CRITERIA	STATUS		
	Poor	Adequate	Good
Project funding & authority	Project is partly financed.	Project is fully financed and budget is fixed.	Project is fully financed by a reliable source and it tolerates a budget overrun of +50%. Project management can decide how the money is used.
Value creation for business	Project ROI is over 18 months.	Project ROI is 8–18 months.	Project ROI is less than 8 months.
Value creation for customer(s)	We do not know if the project deliverables create value for the customers OR the project creates less than 5% of value in comparison to the customers' current solution.	Project creates 5–15% value in comparison to the customers' current solution.	Project creates more than 15% value in comparison to the customers' current solution.

Kuva 16. Esimerkki ELO RM prosessin fasilitointimenetelmän avulla luodusta tuotekehitysprojektin onnistumiskriteeristöstä. (Juuti & Kopra 2016)

Työpajojen yhteydessä hyödynnettiin myös kahta interventiota. Interventio A toteutettiin toisen työpajan yhteydessä ja interventio B sen jälkeen. Juuti & Kopra (2016) mukaan interventioiden A ja B tarkoituksena on auttaa projektiryhmää tarkastelemaan tuotekehitysprojektia yli organisatoristen rajojen.

ELO RM parantaa projektien suorituskykyä ja riskienhallintaa monin eri tavoin. Ensinnäkin Juuti & Kopra (2012) mukaan ELO RM prosessi auttaa tunnistamaan organisaation projektien tyypillimmät haasteet, jolloin riskien tunnistusta ei tarvitse aloittaa joka projektin kohdalla alusta. Toiseksi ELO RM prosessin tuloksena luotu onnistumiskriteeristön toimii myös riskien seurantarjestelmänä, joka on Juvonen et al. (2014, s. 17) perusteella oleellinen osa riskienhallintaa. Lisäksi onnistumiskriteeristö auttaa myös arvioimaan projektien suorituskykyä organisaation kannalta relevanttien tekijöiden näkökulmasta, perinteisten menetelmien keskittyessä usein pelkääntään projektin aika-, laatu-, ja kustannusmittareiden parantamiseen. Vaikka näitä tekijöitä käytetäänkin perinteisesti projektien suorituskyvyn mittareina, niiden saavuttaminen ei kuitenkaan aina johda onnistuneeseen lopputulokseen (Constantino et al. 2015; Juuti & Kopra 2016). Lisäksi Juuti & Kopra (2016) mukaan ELO RM edistää organisatorista oppimista, joka Kopra (2012, s. 30) mukaan parantaa työntekijöiden innovointikykyä ja kehittää osaamista. Näiden tekijöiden voidaan todeta johtavan laadukkaampaan organisaation toimintaan. On kuitenkin tärkeää huomata, että Kopra (2012, s. 206) esittämän lähteen mukaan oppiminen ryhmätasolla johtaa organisatoriseen oppimiseen vain satunnaisesti. Tämän perusteella ELO RM ei siten välttämättä edistä organisatorista oppimista tai paranna organisaation toiminnan laatua. Kaiken kaikkiaan ELO RM on hyvin kokonaisvaltainen menetelmä projektien riskienhallintaan. Se tukee riskien tunnistamista, seuranta- ja riskienhallinnan jatkuvaa kehittämistä, sekä muokkaamista muuttuviin olosuhteisiin.

6. YHTEENVETO

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli tehdä kirjallisuusselvitys uuden tuotteen kehitysprojektien riskienhallinnallisista lähestymistavoista. Aihealueen rajaamiseksi tuotekehitysprojektin tarkastelu rajattiin kolmesta eri suunnasta toteutustavan, tuotteen elinkaaren vaiheiden ja prosessimallin perusteella. Tuotekehitysprojektien toteutustavaksi valittiin rinnakkaissuunnittelu. Tuotteen elinkaaren vaiheet rajattiin markkinatarpeen tunnistamisesta tuotteen kaupalliseen julkaisuun, jonka perusteella tuotekehitysten riskejä tarkasteltiin markkinoinnin, suunnittelun ja tuotannon näkökulmasta. Tarkasteltaviksi prosessimalleiksi valittiin Ulrich & Eppingerin geneerinen tuotekehitysprosessi sekä Riitahuhta & Andreasenin esittelemä dymo-malli. Geneeristä tuotekehitysprosessia käsiteltiin yhtenäisten tuoterakenteiden kehittämisen näkökulmasta.

Työn alussa esiteltiin tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset, sekä Lean-johtamisfilosofiaa, jonka 4P-mallia hyödynnetään tämän tutkimusten tulosten tarkastelussa. Lisäksi käytiin läpi tuotekehitysprojekteihin liittyviä käsitteitä ja esiteltiin tuotekehitysprosessimallien kehitysvaiheita. Prosessimallien kehitysvaiheista tarkastelu keskittyi ensimmäisen kehitysvaiheen mukaiseen geneeriseen prosessiin, sekä viimeisimmän kehitysvaiheen mukaiseen dynaamiseen modulaarisuuteen. Tämän jälkeen siirryttiin käsittelemään projektien riskienhallintaa yleisellä tasolla. Työn lopussa käsiteltiin tuotekehitysprojekteihin liittyviä haasteita ja ongelmia työn rajauksen mukaisesti rinnakkaissuunnittelun, sekä kahden eri prosessimallin näkökulmasta. Niiden perusteella valittiin viisi erilaista menetelmää tuotekehitysprojektien päätöksenteon ja riskienhallinnan tukemiseksi. Menetelmät esiteltiin ja niiden toteutusta käsiteltiin tiivistetysti.

6.1 Tutkimuksen tulokset ja johtopäätökset

Työssä tarkasteltiin tuotekehityksen riskienhallinnallisia vaatimuksia rinnakkaissuunnittelun, sekä kahden eri tuotekehitysprosessimallin näkökulmasta. Tehdyn kirjallisuusselvityksen ja luvussa 5 käsiteltyjen tuotekehitysprojektin riskienhallinnallisten vaatimusten perusteella voidaan vastata työn alussa esitettyyn ensimmäiseen tutkimuskysymykseen.

1. Millaisia riskienhallinnallisia vaatimuksia tuotekehityksen riskienhallintaan liittyy?

Tuotekehitysprojektin riskienhallinnalliset vaatimukset riippuvat käytettävästä prosessimallista ja toteutustavasta. Geneerisen tuotekehitysprosessimallin suurimmaksi ongelmaksi vahvistettiin useissa yhteyksissä mallin jäykkyys liiketoimintaympäristön muutoksille. Sen huomattiin johtavan myös riskien hallittavuuden heikkenemiseen. Tästä syystä riskien huonoa hallittavuutta on kompensoitava geneerisen prosessimallin mukaisessa tuotekehityksessä minimoimalla tuotekehityksen aikaisten riskien todennäköisyys. Esimerkiksi tuotekehitykseen liittyvän päätöksenteon tukeminen ja laatuun panostaminen auttavat pienentämään geneeriseen prosessimalliin liittyviä riskejä.

Dymo-mallin riskienhallinta vaatii puolestaan tehokasta prosessien hallintaa ja kokonaisuuksien hahmottamista. Dynaamisen luonteen vuoksi dymo-mallin vaatimustenhallintaan ja dynaamisen tuoterakenteen suunnitteluun huomattiin liittyvän paljon monimutkaisia riippuvuussuhteita, jotka vaikeuttavat tuotekehitysprojektien hallintaa. Lisäksi malli edellyttää tehokasta markkinoinnin, suunnittelun ja tuotannon välistä yhteistyötä, jotta moduulit sekä niistä kootut lopputuotteet vastaisivat asiakastarpeita. Suunnittelutyön haasteiksi todettiin joustavan modulaarisen tuotearkkitehtuurin suunnittelu, moduulien väliset rajapinnat, sekä suunnittelutyön asenteellinen haastavuus. Tutkitun kirjallisuuden perusteella voidaankin todeta, että Dymo-mallin riskienhallinnassa on kiinnitettävä huomiota erityisesti vaatimustenhallintaan, suunnittelutyöhön liittyvän päätöksenteon tukemiseen, sekä toimintojen välisen yhteistyön edistämiseen.

Tutkittujen lähteiden perusteella rinnakkaissuunnittelun suurimmat ongelmat liittyvät pääosin sen hallintaan. Rinnakkaissuunnittelun huonon hallinnan todettiin heikentävän erityisesti tuotekehitystoimintojen yhteistyötä ja tuotekehitykseen liittyvien prosessien hallintaa. Kirjallisuuden perus-

teella rinnakkaissuunnittelun riskienhallinta edellyttää tuotekehitystoimintojen välisten vuorovaikutussuhteiden hahmottamista. Rinnakkaissuunnittelun käsittelyn yhteydessä esiteltiin myös varsin poikkeava ja mielenkiintoinen tutkimustulos, jonka mukaan riskienhallinnan hyödyt vähenevät tuotekehitysprojektin epävarmuuden lisääntyessä. Kyseinen tulos siis kyseenalaistaa rinnakkaissuunnittelun käytön uusien tuotteiden kehitysprojekteissa, joihin tunnetusti sisältyy paljon epävarmuutta. Tämä havaittiin kuitenkin vain yhdessä tutkimuksessa, jonka vuoksi tulokseen on suhtauduttava varautuen.

2. Miten eri menetelmät tukevat tuotekehitysprojektien riskienhallintaa?

Toiseen tutkimuskysymykseen vastataan alla olevaa taulukkoa apuna käyttäen (taulukko 3). Taulukossa 3 kutakin menetelmää on peilattu lean-johtamisfilosofian 4P-malliin. Taulukon oikean reunan solut on nimetty 4P-mallin tasojen mukaan ja yläreunan solut menetelmien mukaan.

Yhteenvedo menetelmien riskienhallinnallisesta tuesta 4P-mallin tasoihin peilattuna

Taulukko 3.

4P-malli \ Menetelmä	DSM	QFD	DFM	FMEA	ELO
Ongelmanratkaisu					●
Ihmiset & yhteistyökumppanit					●
Prosessi	●	●	●	●	●
Pitkäaikainen filosofia					●

Taulukon 3 tulokset on saatu tutkimalla menetelmien vahvuuksia ja millä tavoin ne vaikuttavat tuotekehityksen riskeihin. Menetelmien vahvuuksia on tämän jälkeen verrattu Lean-johtamisfilosofiaan perustuvan 4P-mallin tasoihin. Punaiset pisteet sijoitettiin taulukon 3 soluihin sen perusteella, minkä 4P-mallin tason periaatteiden kautta ne tukevat tuotekehitysprojektin riskienhallintaa.

Taulukon 3 perusteella voidaan todeta, että moni yleisimmistä tuotekehitykseen käytettävistä menetelmistä tukee tuotekehitysprojektien riskienhallintaa edistämällä tuotekehitysprosesseja ja niihin liittyvää päätöksentekoa. DSM auttaa mallintamaan ja hallitsemaan monimutkaisia järjestelmiä, jolloin myös riskien hallittavuus paranee. QFD ja DFM auttavat puolestaan tekemään parempia suunnittelupäätöksiä, jolloin tuotekehityksen laatu ja vaatimustenmukaisuus paranee. Parempi laatu vähentää tuotekehityksen teknistä riskiä ja vaatimuksenmukaisuus puolestaan auttaa luomaan asiakastarpeiden mukaisia tuotteita. FMEA on yleisesti käytetty riskienhallintamenetelmä, jonka avulla voidaan tunnistaa ja arvioida potentiaalisia virhetapahtumia sekä kehitettävästä tuotteesta, että itse tuotekehitysprosessista. FMEA tukee siten tuotekehitysprojektien riskienhallintaa edistämällä riskien tunnistamista.

Taulukon 3 mukaan ELO on ainoa menetelmä, joka edistää tuotekehitysprojektin riskienhallintaa kehittämällä prosessien sijaan organisaation työntekijöiden osaamista ja kykyä tunnistaa riskejä. Lisäksi ELO RM:n todettiin satunnaisesti edistävän organisatorista oppimista, jonka vuoksi se tukee myös 4P-mallin alinta, pitkäaikaisen filosofian tasoa. Sen avulla kehitetty onnistumiskriteeristö toimii myös tuotekehityksen riskienhallinnan visuaalisena seurantamenetelmänä, jonka vuoksi ELO RM tukee tuotekehitysprojektien riskienhallintaa myös 4P-mallin prosessitasolla.

6.2 Tulosten arviointi

Geneerisen tuotekehitysprosessin sekä rinnakkaissuunnittelun riskienhallintaa käsitteleviä tutkimuksia oli saatavilla varsin runsaasti, jonka vuoksi niihin liittyviä tuloksia voidaan pitää kohtuullisen luotettavana. Dymo-malliin liittyviä haasteita käsiteltiin sen sijaan vain muutamissa lähteissä. Tämän vuoksi dymo-mallin riskienhallinnallisiin vaatimuksiin liittyviä tuloksia on tarkasteltava hyvin kriittisesti. Lisäksi on huomattava, että tässä kandidaatintyössä tuotekehityksen riskienhallintaa tarkasteltiin vain rinnakkaissuunnittelun ja prosessimallien näkökulmasta. Todellisuudessa

tuotekehityksen riskienhallinnalliset vaatimukset riippuvat myös muun muassa kehitettävästä tuotetyypistä, yrityksen riskinottokyvystä ja projektin tavoitteista

Eri menetelmien riskienhallinnalliseen tukeen liittyviä tuloksia voidaan pitää kohtuullisen luotettavana. Valitut menetelmät olivat ELO RM-menetelmää lukuun ottamatta hyvin tunnettuja ja niiden ominaisuuksia käsiteltiin kirjallisuudessa varsin laajasti. On kuitenkin tärkeä huomioda, että taulukon 3 muodostamisessa on jouduttu käyttämään hieman harkinnanvaraisuutta, jonka vuoksi sitä on tulkittava kriittisesti.

LÄHTEET

- [1] Bastchen, G., Silva, F. & Borsato, M. 2018, Risk management analysis in the product development process.
- [2] Bil, C., Press, I., Mo, J. & Stjepandic', J. 2013, 20th ISPE International Conference on Concurrent Engineering: Proceedings, IOS Press, Amsterdam.
- [3] Bogue, R. 2012, "Design for manufacture and assembly: background, capabilities and applications", *Assembly Automation*, vol. 32, no. 2, pp. 112-118.
- [4] Booker, J.D., Raines, M. & Swift, K.G. 2001, Designing Capable and Reliable Products, Butterworth-Heinemann.
- [5] Boudouh, T. & Bendada, L. 2017, "Product development process improvement: A review of Design Structure Matrix methods", *EDP Sciences, Les Ulis*, pp. 8017.
- [6] Carnevalli, J.A. & Miguel, P.C. 2008, "Review, analysis and classification of the literature on QFD—Types of research, difficulties and benefits", *International Journal of Production Economics*, vol. 114, no. 2, pp. 737-754.
- [7] Chao, L.P. & Ishii, K. 2007, "Design process error proofing: Failure modes and effects analysis of the design process", *Journal of Mechanical Design, Transactions Of the ASME*, vol. 129, no. 5, pp. 491-501.
- [8] Construction Innovation and Process Improvement, 2012, John Wiley & Sons, Incorporated, Hoboken.
- [9] Costantino, F., Di Gravio, G. & Nonino, F. 2015, Project selection in project portfolio management: An artificial neural network model based on critical success factors.
- [10] Danilovic, M., Browning, T.R., IHH, EMM (Entreprenörskap, Marknadsföring, Management), Högskolan i Jönköping & Internationella Handelshögskolan 2007, "Managing complex product development projects with design structure matrices and domain mapping matrices", *International Journal of Project Management*, vol. 25, no. 3, pp. 300-314.
- [11] Halman, J.I.M., Hofer, A.P. & Van Vuuren, W. 2003, "Platform-Driven Development of Product Families: Linking Theory with Practice", *Journal of Product Innovation Management*, vol. 20, no. 2, pp. 149-162.
- [12] Haque, B. 2003, "Problems in concurrent new product development: An in-depth comparative study of three companies", *Integrated Manufacturing Systems*, vol. 14, no. 3, pp. 1911
- [13] Herrmann, J.W. 2015, Engineering decision making and risk management, 1st edn, Wiley, Hoboken, New Jersey.
- [14] Institute, P.M. 2008, A GUIDE TO THE PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE (PMBOK® Guide), Fourth edn, Project Management Institute.
- [15] Juuti, T. & Kopra, M. 2016, "NPD Risk Management with Experiential Learning Oriented Method".

- [16] Juuti, T. 2008, Design Management of products with variability and commonality: contribution to the Design Science by elaborating the fit needed between product structure, Design process, Design goals and design organisation for improved R&D efficiency, Tampere University of Technology.
- [17] Juvonen, M., Koskensyrjä, M., Kuhanen, L., Ojala, V., Pentti, A., Porvari, P. & Talala, T. 2014, Yrityksen riskienhallinta, Finanssi ja vakuutuskustannus FINVA, Helsinki.
- [18] Kliem, R.L. 2016, *Managing Lean Projects*, Auerbach Publications, Boca Raton.
- [19] Kopra, M. 2012, Facilitating Experience-based Learning in Groups: A Method for Capturing Lessons Learned, Tampere University of Technology.
- [20] Lehtonen, T. 2007, Designing modular product architecture in the new product development. Tampere University of Technology. Publication, vol. 713, Tampere University of Technology, Tampere.
- [21] Liker, J.K. 2013, Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer, McGraw-Hill, New York.
- [22] Pakkanen, J. 2015, Brownfield process: a method for the rationalisation of existing product variety towards a modular product family, Tampere University of Technology.
- [23] Patro, C.S. & Prasad, M.V. 2013, "A Study on Implementation of Quality Function Deployment Technique in Product Design Stage", *International Journal of Management Research and Reviews*, vol. 3, no. 6, pp. 2966.
- [24] Qu, T., Bin, S., Huang, G.Q. & Yang, H.D. 2011, "Two-stage product platform development for mass customisation", *International Journal of Production Research*, vol. 49, no. 8, pp. 2197-2219.
- [25] Riitahuhta, A. & Pulkkinen, A. 2001, Design for configuration: a debate based on the 5th WDK workshop on Product Structuring, Springer, Berlin.
- [26] Riitahuhta, A. & Andreasen, M.M. 1999, "Modularisation support of life cycle management", IEEE, pp. 316.
- [27] Roger Jiao, J., Simpson, T.W. & Siddique, Z. 2007, "Product family design and platform-based product development: a state-of-the-art review", *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 18, no. 1, pp. 5-29.
- [28] Segismundo, A. & Augusto Cauchick Miguel, P. 2008, "Failure mode and effects analysis (FMEA) in the context of risk management in new product development: A case study in an automotive company", *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 25, no. 9, pp. 899-912.
- [29] SFS-ISO 31000 (2018). Riskienhallinta. Ohjeet = Risk management. Guidelines, Suomen standardoimisliitto, Helsinki, 43 s.
- [30] Škec, S., Štorga, M. & Marjanović, D. 2013, "Mapping risks on various product development process types", *Transactions of Famena*, vol. 37, no. 3, pp. 1-16.
- [31] Škec, S., Štorga, M., Rohde, D., & Marjanović, D. (2014). Tailoring Risk Management Approach for the Product Development Environment. In N. Marjanović, D.; Štorga, M.; Pavković, N.; Bojčetić (Ed.), *Proceedings of the 13th International Design Conference (DESIGN 2014)* (pp. 385–396). Dubrovnik, Croatia: Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, Croatia.
- [32] Unger, D.W. & Eppinger, S.D. 2009, "Comparing product development processes and managing risk", *International Journal of Product Development*, vol. 8, no. 4, pp. 382-402.

- [33] Valle, S. & Vázquez-Bustelo, D. 2009, Concurrent engineering performance: Incremental versus radical innovation.
- [34] Webb, A. & ebrary, I. 2003, The project manager's guide to handling risk, Gower, Aldershot, England; Burlington, Vt.
- [35] Wu, D.D., Kefan, X., Gang, C. & Ping, G. 2010, "A Risk Analysis Model in Concurrent Engineering Product Development", *Risk Analysis*, vol. 30, no. 9, pp. 1440-1453.
- [36] Yassine, A. & Braha, D. 2003, "Complex Concurrent Engineering and the Design Structure Matrix Method", *Concurrent Engineering*, vol. 11, no. 3, pp. 165-176.